

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Studijní program: **textil**

Studijní obor: **Mechanická textilní technologie**

Využití pevnosti osnovních nití během tkacího procesu

**Utilization of warp thread tensile strength during weaving
process**

Bakalářská práce

Autor: Martin Šnajdr

Vedoucí BP práce: Ing. Petr Tumajer, Phd.

V Liberci 18.12. 2010

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé BP a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci 18.12. 2010

.....
Podpis

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petr Tumajer, Phd, za odbornou pomoc při provádění experimentální části, za cenné připomínky a podněty poskytnuté během vypracovávání zvoleného tématu. Dále za konzultace ohledně bakalářské práce, pomoc při řešení problému a měření.

Abstrakt

Tato práce se zabývá namáháním osnovy na tkacím stroji. Hlavní cílem této práce je popsat deformační vlastnosti osnovních nití na tkacím stroji a způsoby měření tahové síly v osnově během tkaní.

Experiment se zabývá popisem experimentálních měření realizovaných v tkalcovské laboratoři Technické univerzity Liberec na jehlovém tkacím stroji Picanol Gamma. Naměřené výsledky experimentálních měření jsou prezentovány statistickou a grafickou formou. Výsledky byly diskutovány v závěrečné části práce

Klíčová slova

Tkací stroj, pevnost osnovy, osnova, tahová síla v osnově,

Abstrakt

This Bachelor Paper deals with the weaving loom warp stress. The main objective of this paper is the description of strain properties of loom warp threads as well as kinds of measurements of warp tensile force during weaving operation.

The experiment deals with the description of experimental measurements executed in the Weaving Laboratory of Technical University of Liberec using the Picanol Gamma needle loom. Readings obtained from experimental measurements are shown with the help of statistical as well as graphical form. The outcomes have been discussed in the closing part of the paper.

Keywords

Weaving loom, warp strenght, the warp, warp tensile force,



Seznam symbolů

A	amplituda periodické funkce
C	modul tuhosti nitě, pružiny [N/m]
L	zvětšená délka prošlupu [mm]
L_1	zvětšená délka předního prošlupu [mm]
L_2	zvětšená délka zadního prošlupu [mm]
L	délka prošlupu (ráz) [mm]
l_1	délka předního prošlupu [mm]
l_2	délka zadního prošlupu [mm]
l_b	hloubka brda [mm]
S	plocha [m ²]
Q	tahová síla [N]
Q_I	tahová síla v osnově [cN/nit]
Q_H	tahová síla [N]
Q_M	tahová síla [N]
$Q_{I\max}$	maximální tahová síla [cN/nit]
P	pevnost [N]
t	čas [m/s]
V	nevyužitá kapacita pevnosti osnovních nití [%]
Δl	protažení nitě (deformace) [mm]
dl	protažení [mm]
ε	relativní deformace [%]
ε_1	deformace [%]
ε_2	deformace [%]
ε_u	deformace na mezi úměrnosti [%]
ε_e	deformace na mezi pružnosti [%]
ε_k	deformace na mezi kluzu [%]
ε_p	tažnost [%]
σ	normálové napětí [Pa]
σ_0	amplituda napětí [Pa]
σ_u	napětí na mezi úměrnosti [Pa]
σ_e	napětí na mezi pružnosti [Pa]



OBSAH

Úvod.....	7
1. Teoretická část	8
1.1. Hlavní fáze tkacího procesu.....	8
1.2. Namáhání nití během vytváření prošlupu.....	8
1.2.1 Protažení a prokluz nití v prošlupu	9
1.2.2 Základní prošlup	10
1.3 Hookův zákon.....	12
1.4 Výpočet modulů tuhosti.....	14
1.4.1 Dynamický (komplexní) modul tuhosti.....	17
1.4.2 Elastický a ztrátový modul tuhosti.....	17
2. Experimentální část.....	18
2.1 Použitý materiál a seřízení stroje.....	18
2.1.2 Materiál v osnově a útku.....	18
2.1.2 Seřízení tkacího stroje.....	19
2.1.3 Osnovní svůrka (výškové a hloubkové nastavení)	20
2.2 Způsob realizace měření a použitá zařízení	22
2.2.1 Snímač tahové síly v osnově.....	23
2.2.2 Způsob realizace měření	25
2.2.3 Zpracování naměřených dat.....	26
2.3 Parametry použité délkové textilie	28
2.3.1 Zkouška pevnosti	29
2.3.2 Deformační vlastnosti nití při protažení do 5 mm	30
2.3.3 Deformační vlastnosti daného textilního materiálu	31
2.4 VibTex: Využití vibračního systému pro testování textilií.....	32
2.4.1 Způsob řízení budiče vibrací a měření tahové síly	32
2.4.2 Popis měření na VibTex	34
2.4.3 Zpracování výsledků.....	35
2.5 Stanovení dynamických modulů tuhosti.....	35
Závěr.....	40
POUŽITÁ LITERATURA	42
SEZNAM PŘÍLOH.....	43

Úvod

Tkací technika se neustále rozvíjí, vlivem rostoucích nároků spotřebitelů na výrobce textilií, nastal prudký rozvoj textilního průmyslu. Došlo jednak ke zvýšení technické úrovně zařízení, ale i k vývoji nových způsobů prohazování útku a dále pak stroje víceprošlupní [1].

V důsledku zvýšení otáček tkacích strojů dochází ke zkrácení časových úseků, ve kterých jsou realizovány jednotlivé fáze tvorby tkaniny, což může být příčinou některých textilně-technologických problémů. Proto musí být další vývoj tkacích strojů podpořen teoretickou i experimentální analýzou vzájemné interakce mezi tkacím strojem a textilním materiálem.

V současné době však došlo k zastavení růstu výkonu tkacích strojů. Například na výstavách ITMA je možné zaznamenat stagnaci útkového výkonu již od roku 1999. Jednou z možných příčin tohoto jevu je chování textilních materiálů při vysokých tkacích frekvencích [2].

Hmotnost jednotlivých částí tkacích strojů se v minulých letech podařila snížit pomocí nových materiálů. Tím ale nabývá na významu vzájemné silové působení mezi textilním materiálem a mechanismy tkacího stroje. Silové působení textilních materiálů nemůžeme v žádném případě zanedbat. Je tedy účelné analyzovat jednak chování mechanismů tkacího stroje a jednak chování textilního materiálu, aby bylo možné zajistit správné podmínky tkaní a nedocházelo tak k vadám ve vyráběném zboží [3].

Provedení experimentu bylo uskutečněno pomocí speciálního zkušebního zařízení umístěného v laboratoři TU Liberec. Základem tohoto zařízení je vibrační systém, který umožňuje protahovat nit s volitelnou frekvencí. Takto je umožněno realizovat, oproti standardním přístrojům, jako jsou dynamometry, protahování osnovních nití s frekvencí odpovídající skutečné frekvenci protažení vlivem tkacího procesu. Následně byl analyzován vliv frekvence a vliv upínací délky na deformační vlastnosti dané nitě.

Cílem pak bylo výsledky z provedeného měření zpracovat a na jejich základě navrhnout vhodný způsob teoretického popisu využití pevnosti z hlediska tkacího procesu.

1. Teoretická část

V této části je teoretickou formou popsán proces namáhání osnovy na tkacím stroji. Dále jsou zde navrženy různé způsoby měření tahové síly v osnově.

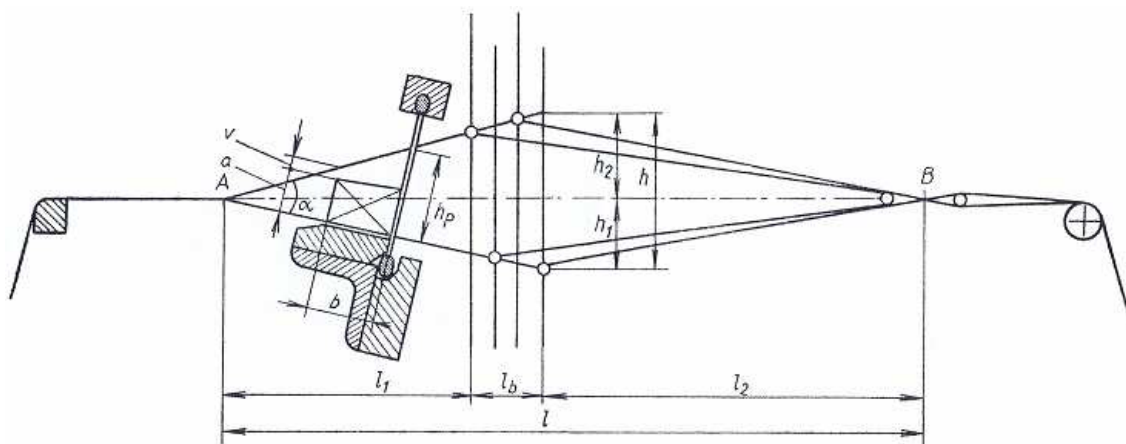
1.1. Hlavní fáze tkacího procesu

Je nutné si uvědomit princip vzniku tkaniny, protože tento princip tkaní je v podstatě zachován u všech typů tkacích strojů, u některých typů strojů s určitými výjimkami. Tkanina je vytvářena dvěma pravoúhlými soustavami nití, osnovy a útku. Osnovní nitě vedené rovnoběžně vedle sebe vcházejí do tkacího procesu podélně v plném počtu. Útkové nitě se zanáší napříč osnovou, a to postupně, vždy po jedné niti během jednoho pracovního cyklu stroje. Jednotlivé fáze cyklu, tkacího procesu, jsou čtyři a vzájemně se překrývají. Jedná se o otevření prošlupu, zanesení útku, zavření prošlupu a příraz útku.

Během tohoto procesu dochází ke změně tahové síly v osnově. K této změně dochází zejména vlivem otevírání a zavírání prošlupu a vlivem procesu přírazu [5].

1.2. Namáhání nití během vytváření prošlupu

Prošlup se vytváří zvednutím některých osnovních nití a stažením ostatních v první fázi pracovního cyklu tkaní. Vzniká dle požadované vazby tkaniny pomocí nitěnek, do kterých jsou jednotlivé osnovní nitě navlečeny, a to brdem listovým (listové stroje) nebo brdem šňůrovým (žakárské stroje).



Obr. 1 Geometrie prošlupu [6]

Geometrický tvar prošlupu (obr. 1) je dán čelem tkaniny - bod A , polohou brda a uložením křížových činek - bod B nebo lamel osnovní zarážky, popř. osnovní svůrkou, tká-li se bez činek. Rovinu proloženou těmito body A , B nazýváme tkací rovinou.

Spojnice bodů A , B , která dělí prošlup na horní a dolní, určuje délku prošlupu l . Ta se skládá z délky předního prošlupu l_1 , hloubky brda l_b a délky zadního prošlupu l_2 .

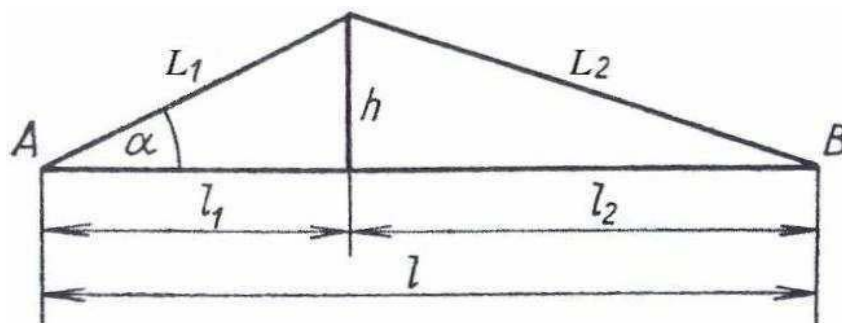
Největší vzdálenost, na které se ve svislém směru přemísťují očka nitěnek, tedy i osnovní nitě, nazýváme výškou prošlupu h neboli zdvihem listů.

Všechny parametry prošlupu přímo nebo nepřímo mají vliv na tah osnovních nití. Celková konstrukce stroje, především tedy způsob zanášení útku, ovlivňuje velikost prošlupu, tj. délku a výšku. Na bezčlunkových strojích je vzhledem k menším rozměrům a , b zanašeče útku dosahováno nižšího prošlupu než na člunkových tkacích strojích. Na člunkových strojích se výška prošlupu volí tak, aby při zadní úvrati paprsku a plně otevřeném prošlupu byla mezi zanašečem a nitěmi horní prošlupní roviny vůle v (1-2 mm). Úhel α s vrcholem v předním prošlupu je dán velikostí rozevření osnovy. U neortodoxních způsobů se tento úhel volí přibližně stejně velký jako na klasickém člunkovém stavu. Zajistí se tak správné rozdělování nití a zabrání se tvorbě tzv. spínáků (špatné rozdělování nití). Pro zachování konstantního úhlu, u všech osnovních nití, je z obr. 1 patrné, že zadní listy musí konat větší zdvih. Z tohoto důvodu se brdo umísťuje co nejbližší ke tkalci, aby zdvih těchto listů nebyl příliš velký. Nitě ve spodním prošlupu by měly jen lehce dosedat na člunkovou dráhu, když je paprsek (bidlo) v zadní úvrati (umístění listů na výšku). Na výkyvu bidla také závisí délka předního prošlupu [6].

1.2.1 Protažení a prokluz nití v prošlupu

Jak bylo uvedeno, tvar prošlupu (obr. 1) má značný vliv jednak na proces tkaní a jednak, zejména jeho velikost, na namáhání osnovních nití při jeho vytváření. Při otevírání a zavírání prošlupu je osnova namáhána v tahu. Dochází k jejímu napínání, ohybu a tření v očkách nitěnek. Útek, jenž je při tkaní do prošlupu zatlačen, je komplexně namáhán na tah a ohyb. Mezi osnovou a útkem dochází také ke vzájemnému tření.

Matematický vztah pro protažení (deformaci) osnovní nitě lze vyjádřit pomocí zjednodušeného základního prošlupu (obr. 2), který představuje pouze jednu polovinu skutečného prošlupu (obr. 1) [6].



Obr. 2 Základní prošlup [6]

1.2.2 Základní prošlup

Při otevírání prošlupu dochází k protažení nití o délku Δl . Z obr. 2 plynou tyto vztahy a pro protažení osnovní nitě Δl dostaneme [6]:

$$L = L_1 + L_2 = l + \Delta l \quad l = l_1 + l_2 \quad \Delta l = L_1 + L_2 - l_1 - l_2 \quad (1)$$

Použitím Pythagorovy věty z pravoúhlých trojúhelníků vyplývá [6]:

$$L_1 = \sqrt{l_1^2 + h^2} \quad L_2 = \sqrt{l_2^2 + h^2} \quad (2)$$

Po dosazení vztahů (2) do (1) dostáváme [6]:

$$\Delta l = \sqrt{l_1^2 + h^2} + \sqrt{l_2^2 + h^2} - l_1 - l_2 \quad (3)$$

Pro zjednodušení vztahu (3) lze výrazy s odmocninami nahradit přibližnými vztahy [6]:

$$\sqrt{l_1^2 + h^2} = l_1 * \left(1 + \frac{h^2}{2 * l_1^2}\right) \quad \sqrt{l_2^2 + h^2} = l_2 * \left(1 + \frac{h^2}{2 * l_2^2}\right) \quad (4)$$

Dosazením vztahů (4) a úpravou vztahu (3) získáváme vztah (5) vyjadřující závislost prodloužení Δl na výšce prošlupu h a délce přední části l_1 a zadní části l_2 prošlupu [6]:

$$\Delta l = \frac{h^2}{2} * \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right) \quad (5)$$

Rozborem vztahu (5) zjistíme, že protažení nití (jejich namáhání) je úměrné druhé mocnině výšky prošlupu. Nejmenší protažení, při stejném zdvihu, mají nitě, jejichž list je umístěn v polovině délky prošlupu, tj. při $l_1 = l_2$. Není-li list přesně uprostřed prošlupu, např. $l_1 < l_2$ (l_1 je blíže tkalci), pak protažení $\Delta l_1 > \Delta l_2$, jak je patrné i z obr. 3. Dále je ze vztahu zřejmé, že čím větší bude délka prošlupu, tím bude protažení nití menší. [6]

Například, jak je uvedeno v [5], při zdvihu listu o 50-60 mm dochází k protažení nití přibližně o 10 mm, a to při určité upínací délce. Při jiné délce a stejném zdvihu listů dostaneme větší či menší protažení nitě..

Protažení Δl je absolutní deformace vyjádřená v absolutních jednotkách. Aby však bylo možno porovnávat deformace různých materiálů, je vhodné ji přepočítat na deformaci relativní, vyjádřenou bezrozměrně, popř. v procentech.

Absolutní deformace [6]:

$$\Delta l = L - l \quad (6)$$

kde l značí původní délku osnovní nitě, L pak délku po protažení.

Relativní deformace ε je dána poměrem [6]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (7)$$

Poměrné prodloužení (relativní deformace) je součtem plastického a elastického prodloužení. Při namáhání osnovních nití by nemělo překročit mez pružnosti nitě.

Znamená to, že závislost působící síly (tah nitě) a protažení (deformace) by měla být při tvorbě prošlupu lineární. Pokud tomu tak je, deformace je jen elastická, tzn. okamžitá, časově nezávislá a vratná. Nevzniká tedy trvalé (plastické) prodloužení osnovy čili nevratná deformace. [7, 8]

Některé materiály, jako např. syntetické hedvábí, jsou citlivé na plastickou deformaci. Vliv této deformace je nutný co nejvíce omezit a zabránit tak změnám struktury nitě a vadám na tkanině. Jinak by v následující operaci, jako např. fixaci, barvení apod., mohlo docházet k nestejnomyšlnosti vysrážení či vybarvení tkaniny. Změnou parametrů prošlupu lze tuto deformaci snížit a to použitím neortodoxních způsobů zanášení útku, kdy velikost zanašeče oproti klasickému člunku je menší. Zmenší se tak výška prošlupu h . Další možností je změna celkové délky prošlupu l , jejím zvětšením. V obou případech tak dochází k menšímu namáhání osnovy. [8]

Poměry při namáhání nití jsou u skutečného prošlupu poněkud složitější, avšak příznivější. Body **A** a **B** nejsou totiž nehybné. Čelo tkaniny bod **A** se jednak pohybuje ve vodorovném směru, vpřed při přírazu útku a vzad při tvorbě prošlupu a jednak ve svislém směru vlivem nestejného napětí osnovních nití v dolní a horní části prošlupu. Poloha bodu **B** je ovlivňována pohybem osnovní svůrky a popouštěním osnovy. Namáhání nití při tvorbě prošlupu, zejména vyrovnaní jejich napětí, lze do jisté míry ovlivnit osnovní svůrkou. Osnovní svůrku je možné seřadit jak ve svislé, tak ve vodorovné poloze. [6]

Celkové napětí osnovy a s tím spojené její protažení, ovlivňují nejen mechanismy nacházející se ve tkací rovině (svůrka, činky, popř. valcha...), ale i zařízení pro její popouštění (osnovní vál s regulátorem nebo brzdou), pro odtah a

navíjení tkaniny (prsník, odtahovací zařízení, zbožový regulátor) a také prošlupní, prohozní (člunek, jehla...) a přírazné mechanismy (bidlo). Těmito systémy regulujeme požadovaný tah osnovy při tvorbě prošlupu. Tahová síla nesmí být taková, aby ohrožovala proces tkaní. Např. nadměrné uvolnění napětí nití vede ke vzniku, dříve zmiňovaných, spínáků, stehů (útek jde vrchem nebo spodem osnovy) nebo přetrhů. Stejně tak vyšší přepětí má rovněž vliv na přetrhavost. Je tedy nutností zajistit správnou synchronizaci všech mechanismů stroje. [6, 9]

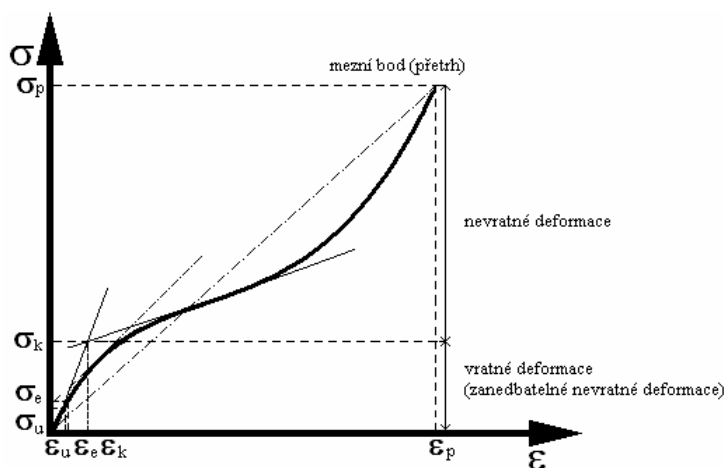
Tah osnovy ve většině případů stoupá s odetkanou délkou osnovy a s klesajícím poloměrem návinnu osnovního válu. V důsledku odchylek napětí osnovy může docházet ke změnám struktury utkané tkaniny.

Při tkacím procesu je tedy důležité brát výše uvedené vlivy v úvahu a zajistit jejich vyrovnání (regulaci). Z tohoto také vyplývá, že je nutné textilní materiál, při definovaných podmínkách aproximující skutečný proces namáhání, laboratorně zkoušet, tzn. podrobovat statickému či dynamickému působení a posléze vyhodnocovat chování materiálu, a to numericky, popř. graficky [2].

1.3 Hookův zákon

Mechanické vlastnosti materiálu charakterizovány tvarem a strmostí pracovní křivky tahové zkoušky (obr.6). Ta patří ke zkouškám, při kterých se měří vztah mezi napětím a jím vyvolanou deformací. [7]

Na pracovní křivce, jejíž průběh závisí na materiálu, rychlosti namáhání a také klimatických podmínkách bychom mohli v ideálním případě stanovit tyto jednotlivé meze:



Obr. 3 Rozbor pracovní křivky tahové zkoušky [7]

Mez úměrnosti σ_u (linearity) - definujeme jako nejvyšší napětí, jenž je přímo úměrné deformaci. To znamená, že deformace okamžitě vznikají a zanikají se zatížením a odlehčením nezávisle na době jeho působení. Závislost mezi napětím a deformací pak vyjádříme Hookeovým zákonem [7]:

$$\sigma = E * \varepsilon \quad (8)$$

kde E je modul pružnosti v tahu (též Youngův modul). σ je normálové napětí způsobené tahovou silou Q , tj. silou v ose materiálu kolmou na jeho průřez S [13]:

$$\sigma = \frac{Q}{S} \quad (9)$$

Další mezí je mez pružnosti σ_e - napětí v této oblasti je určeno jako takové, které ještě nevyvolává trvalé (plastické) deformace. Vzhledem k tomu, že se však nevratné deformační změny začínají projevovat postupně, je obtížné určit rozhraní mezi elastickou a plastickou deformací a tuto mez experimentálně stanovit. Takové napětí způsobuje minimální trvalou deformaci, kterou je možno považovat ještě za zanedbatelnou. Tato mez souvisí stále s čistě elastickou deformací v materiálu. Často bývá mez pružnosti σ_e nazývána horní hranicí meze úměrnosti σ_u .

Přistupme nyní k dalšímu rozhraní, a to k mezi kluzu σ_k - v této oblasti působí již takové napětí, od kterého se projevuje výrazná plastická (nevratná) deformace.

Mez pevnosti (pevnost) σ_p - je mezní hodnota napětí, neboť po jejím překročení dochází k trvalému porušení soudržnosti materiálu (přetržení). Tento mezní stav je výsledkem předcházejících deformačních procesů namáhání. Tato mez určuje pevnost, tj. sílu do přetrhu a tažnost, deformaci do přetrhu, materiálu. [7]

Z výše uvedeného, poměrem aplikovaného napětí a vzniklé deformace definujeme obecně modul jako odpor materiálu proti změně tvaru. Pro modul pružnosti E pak ze vztahu (8) dostáváme [7]:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = tg \alpha \quad (10)$$

Ze vztahu je zřejmé, že k dosažení deformace materiálu s vyšším modulem bude zapotřebí vyššího napětí. Tento modul pružnosti je pro kovy konstantní, nezávislý na čase. Ze vztahů (7), (8) a (9) plyne [15]:

$$Q = \frac{E * S * \Delta l}{l} = C * \Delta l \quad C = \frac{Q}{\Delta l} \quad (11)$$

Kde C definujeme jako modul tuhosti osnovní nitě. Tato rovnost vyjadřuje závislost modulu tuhosti nitě na upínací délce [15].

U textilních materiálů se deformace, a tedy i modul tuhosti, stále s časem mění. V počáteční fázi se projevují elastické vlastnosti, dále odezva časově závislá a v další fázi již i plastický tok (trvalá deformace).

Závislost napětí na deformaci nazýváme tedy pracovním křivkou. Uvedli jsme, že při zkoušení mechanických vlastností materiálů se často sledují jednotlivé podíly deformací. Lze pak, za určitých podmínek, předpokládat chování materiálu při jeho zpracování [2].

1.4 Výpočet modulů tuhosti

Pro stanovení dynamických modulů tuhosti textilií je nutné realizovat experimentální měření s harmonickým průběhem výchylky budiče vibrací $d(t)$:

$$d(t) = D_a * \sin(\omega * t) \quad (12)$$

D_a – amplituda výchylky budiče vibrací (mm),

ω – úhlová frekvence (rad/s),

T – perioda (s), (13)

$T = 1 / f$, (14)

f – frekvence [Hz].

Tento průběh výchylky budiče vibrací vytvoří v předepjaté textilii harmonický průběh protažení $\Delta l(t)$:

$$\Delta l(t) = D_a * [1 + \sin(\omega * t)] = \frac{\Delta L_{\max}}{2} * [1 + \sin(\omega * t)] \quad (15)$$

ΔL_{\max} – maximální protažení textilie (mm),

$$\Delta L_{\max} = 2 * D_a \quad (16)$$

Protažení představuje budící funkci, která vyvolá v textilii odezvu v podobě harmonického průběhu tahové síly $Q(t)$:

$$Q(t) = Q_p + Q_a * [1 + \sin(\omega * t + \delta)] = Q_p + \frac{\Delta Q_{\max}}{2} * [1 + \sin(\omega * t + \delta)] \quad (17)$$

Q_p – předpětí v textilii (mN),

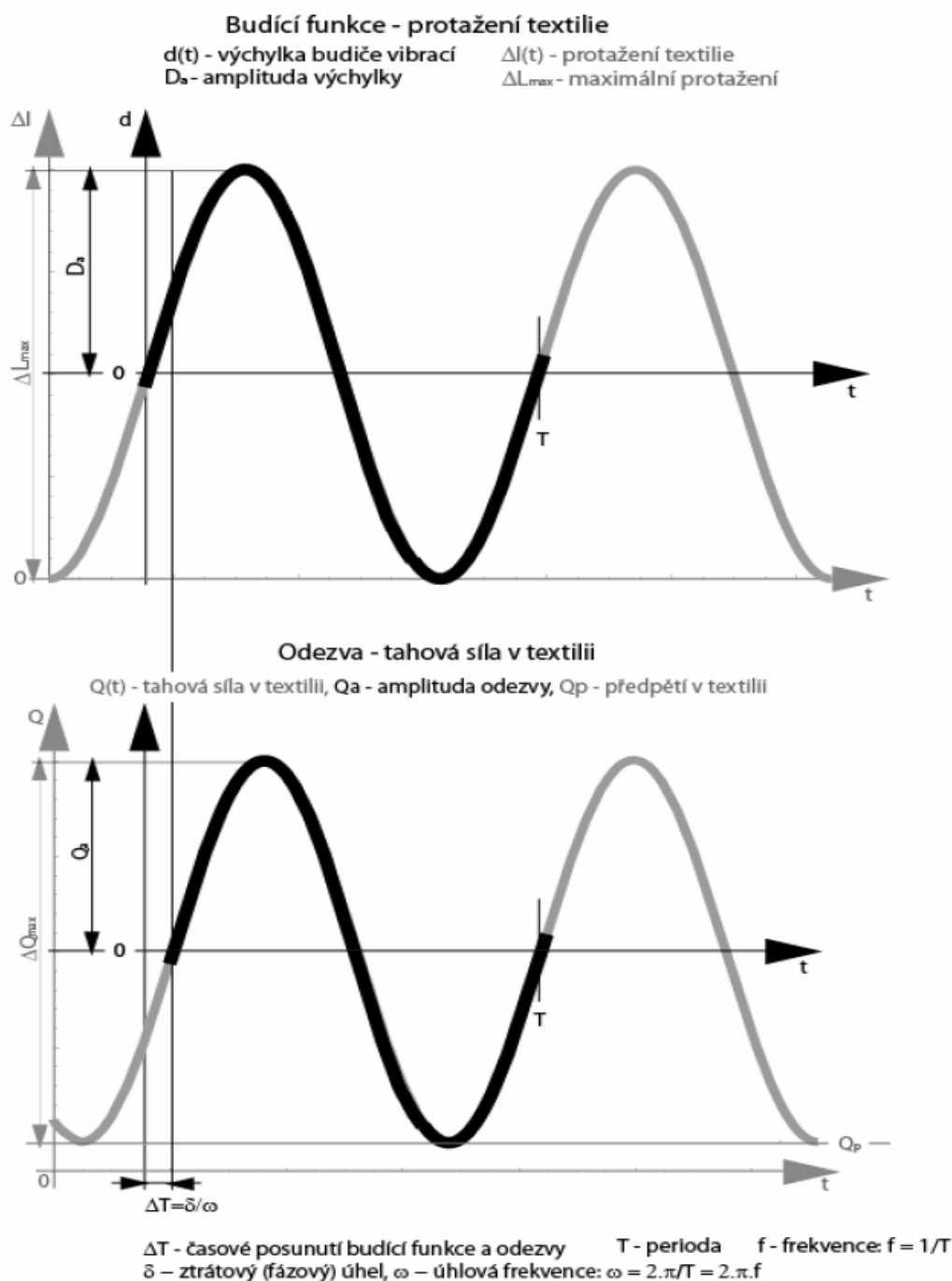
Q_a – amplituda odezvy, tj. tahové síly (mN),

δ – vzájemné fázové posunutí mezi budící funkcí a odezvou, tj. ztrátový úhel (rad),

ΔQ_{\max} – maximální změna tahové síly (mN),

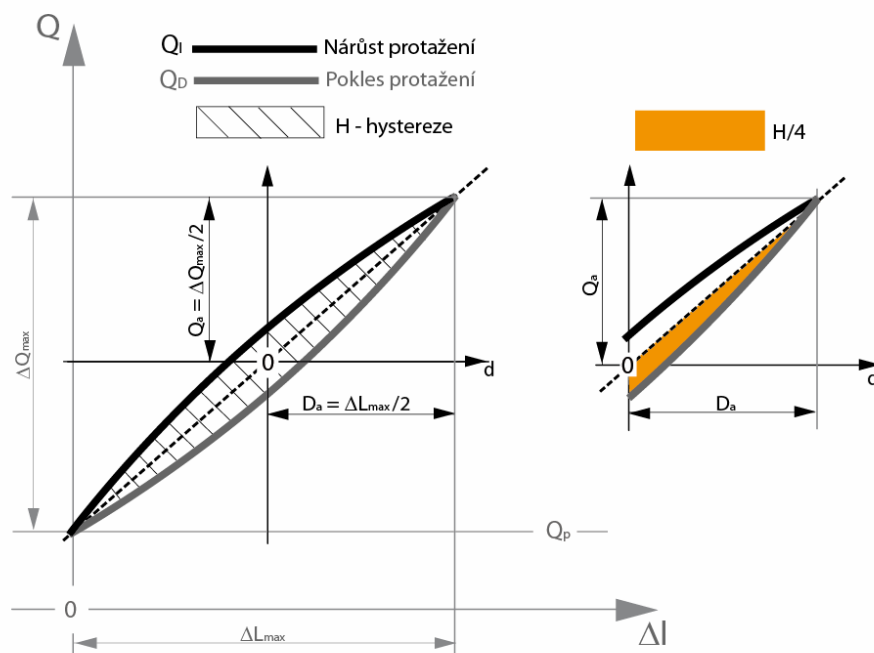
$$\Delta Q_{\max} = 2 * Q_a \quad (18)$$

Časová závislost výchylky budiče vibrací $d(t)$, protažení textilie (budící funkce) $\Delta l(t)$ a tahové síly v textilii (odezva) $Q(t)$ je graficky znázorněna na obrázku číslo 4. Obrázek číslo 5 představuje závislost tahové síly na protažení textilie a symbol H zde označuje hysterezi, tj. rozptyl energie v textilii během jedné periody.



Obr. 4: Časová závislost protažení textilie (budící funkce) a tahové síly (odezva) [10]

Závislost tahové síly na protažení



Obr. 5: Závislost tahové síly na protažení [10]

Z rovnice číslo (15) je zřejmé, že protažení textilie (budící funkci) můžeme vyjádřit součtem dvou členů:

$$\Delta l(t) = \Delta l_K + \Delta l_H(t) \quad (19)$$

kde první člen Δl_K :

$$\Delta l_K = D_a = \frac{\Delta L_{max}}{2} \quad (20)$$

představuje složku protažení, která je v čase konstantní (nezávislá na čase)

a druhý člen $\Delta l_H(t)$:

$$\Delta l_H(t) = D_a * \sin(\omega * t) = \frac{\Delta L_{max}}{2} * \sin(\omega * t) \quad (21)$$

představuje proměnlivou složku protažení, která se s časem mění harmonicky.

Z rovnice číslo (17) je zřejmé, že tahovou sílu v textilii (odezvu) můžeme vyjádřit součtem tří členů:

$$Q(t) = Q_p + Q_a + Q_H(t) \quad (22)$$

Kde první člen Q_p představuje předpětí v textilii, které je v čase konstantní (nezávislé na čase). I druhý člen Q_a představuje složku tahové síly, která je v čase

konstantní. Třetí člen výrazu (11) $Q_H(t)$ představuje proměnlivou složku tahové síly, která se s časem mění harmonicky:

$$Q_H(t) = Q_a * \sin(\omega * t + \delta) = \frac{\Delta Q_{\max}}{2} * \sin(\omega * t + \delta) \quad (23)$$

1.4.1 Dynamický (komplexní) modul tuhosti

Dynamický modul tuhosti C stanovíme jako poměr amplitudy proměnlivé složky odezvy $Q_H(t)$ a amplitudy proměnlivé složky budící funkce $\Delta L_H(t)$:

$$C = \frac{Q_a}{D_a} = \frac{\Delta Q_{\max}}{\Delta L_{\max}} \quad (24)$$

C – dynamický, tj. komplexní modul tuhosti (N/m).

1.4.2 Elastický a ztrátový modul tuhosti

Elastický modul tuhosti C_{Re} představuje reálnou část dynamického (komplexního) modulu tuhosti C (viz. rovnice (24)) a je mírou ideální odolnosti vůči mechanickému namáhání, shodnou s fází namáhání:

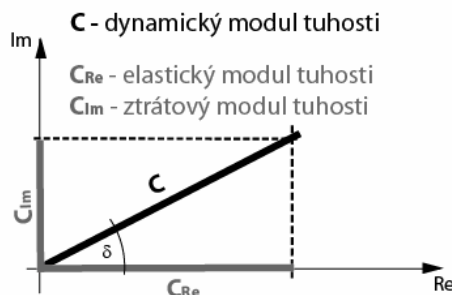
$$C_{Re} = C * \cos(\delta) \quad (25)$$

C_{Re} – elastický modul tuhosti, tj. reálná část dynamického modulu (N/m)

Ztrátový modul tuhosti C_{Im} představuje imaginární část dynamického (komplexního) modulu tuhosti C a je mírou mechanických ztrát během jedné periody, fázově posunutý o hodnotu $\pi/2$:

$$C_{Im} = C * \sin(\delta) \quad (26)$$

C_{Im} - ztrátový modul tuhosti, tj. imaginární část dynamického modulu (N/m)



Obr. 6: Dynamický modul tuhosti, jeho reálná a imaginární složka

2. Experimentální část

V této části je popsáno experimentální měření, dále je zde uveden popis pracoviště, přístrojů a zařízení, která byla během experimentu použita. Také je uveden přehled hlavních výstupů experimentálních měření a způsob zpracování naměřených dat.

2.1 Použitý materiál a seřízení stroje

Experimentální měření byla provedena na jehlovém tkacím stroji **Gamma-8-R** (výrobní číslo: 231767, rok výroby: 1997, výrobce: firma Picanol, Ieper, Belgie). Měření byla provedena při uvedených klimatických podmínkách:

- Teplota se v době měření pohybovala v intervalu 30°C,
- Relativní vlhkost se pohybovala v intervalu 71%.

Celkový pohled na stroj Picanol Gamma-8-R znázorňuje následující obrázek číslo (8).



Obr. 7: Tkací stroj Picanol GAMMA-8-R [11]

2.1.2 Materiál v osnově a útku

- 2 x 25 tex, 100% POP
 - Skací zákrut: 439 m^{-1} , interval spolehlivosti 95%: (432; 446), počet měření: 30
- Pro měření bylo použito měřicí zařízení Zweigle KG Reutlingen D310. Použití metody přímé s předpětím 250 mN

- Průměr příze: 0,458 mm, interval spolehlivosti 95%: (0,452; 0,464), počet měření: 52. Pro měření bylo použito měřicí zařízení Uster Tester IV-SX.

Rychlost měření 400 m/min a doba měření: 1 min

Dostava osnovy: 16 nití/1cm

Paprsková šíře: 178 cm

Číslo paprsku: 80

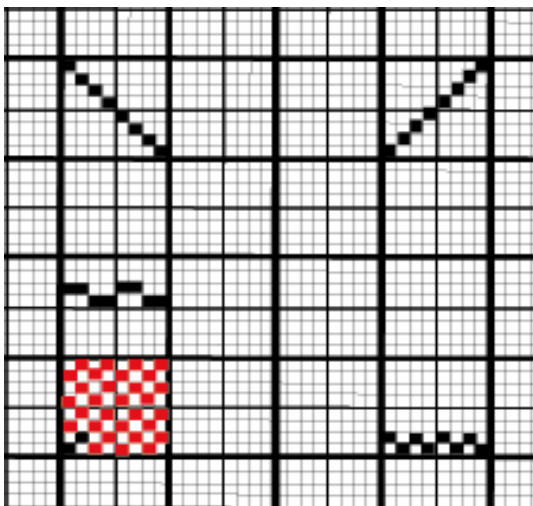
Celkový počet nití osnovy: 2848 nití

Dostava útku:

Měření bylo realizováno pro různé hodnoty útkové dostavy (hodnoty nastavené na zbožovém regulátoru).

8 nití/1cm, 9 nití/1cm, 10 nití/1cm, 11 nití/1cm,
12 nití/1cm, 13 nití/1cm, 14 nití/1cm, 15 nití/1cm,
16 nití/1cm.

Vazba tkaniny: plátno



Obr. 8: Technická vzornice tkaniny

2.1.2 Seřízení tkacího stroje

Otáčky: 301 ot./min

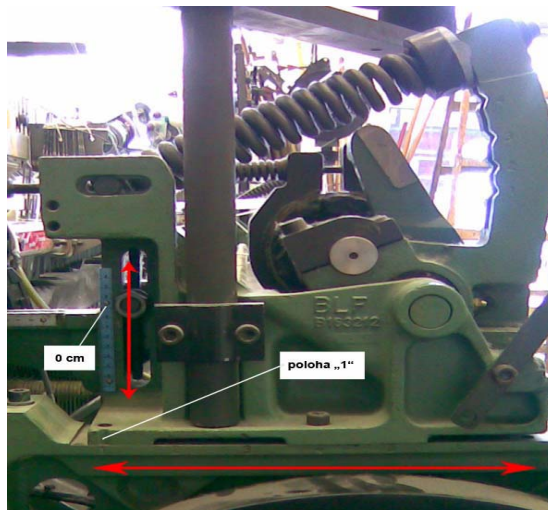
Osnovní regulátor (tahová síla v osnově):

Měření bylo realizováno pro různé hodnoty tahové síly v osnově. Osnovní regulátor umožňuje zadání požadované tahové síly v osnově v kN a v závorce jsou uvedeny hodnoty v cN přepočtené na jednu nit.

1 kN (35 cN/nit), 1,5 kN (53 cN/nit), 2 kN (70 cN/nit)

2.1.3 Osnovní svůrka (výškové a hloubkové nastavení)

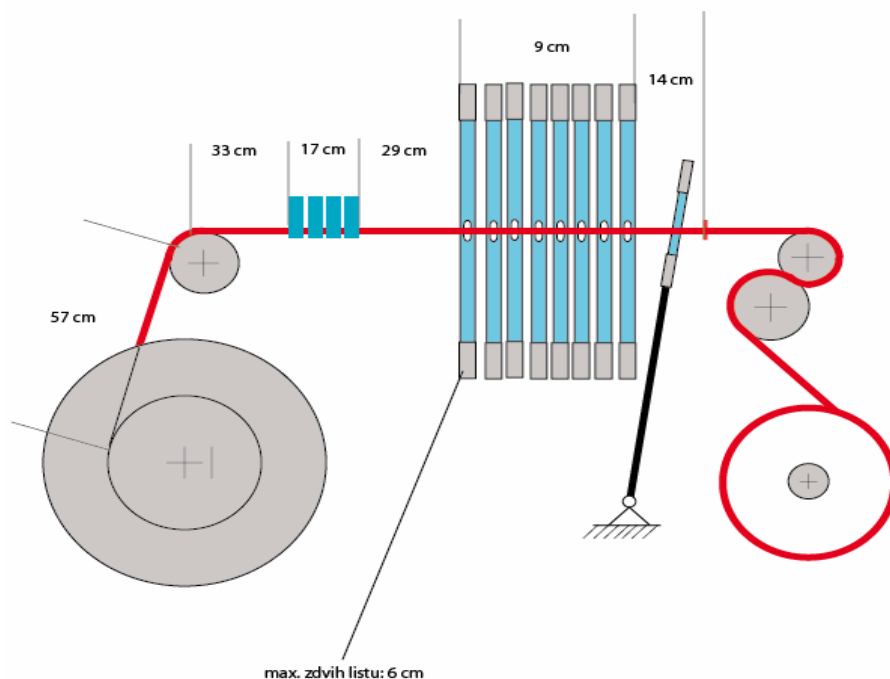
Na tkacím stroji byla instalována jednoválečková osnovní svůrka, která byla nastavena do polohy označené číslem 1 na rámu stroje (hloubkové nastavení osnovní svůrky) a do výšky 0 cm, tj. osnovní svůrka byla ve tkací rovině (viz. obr. 9):



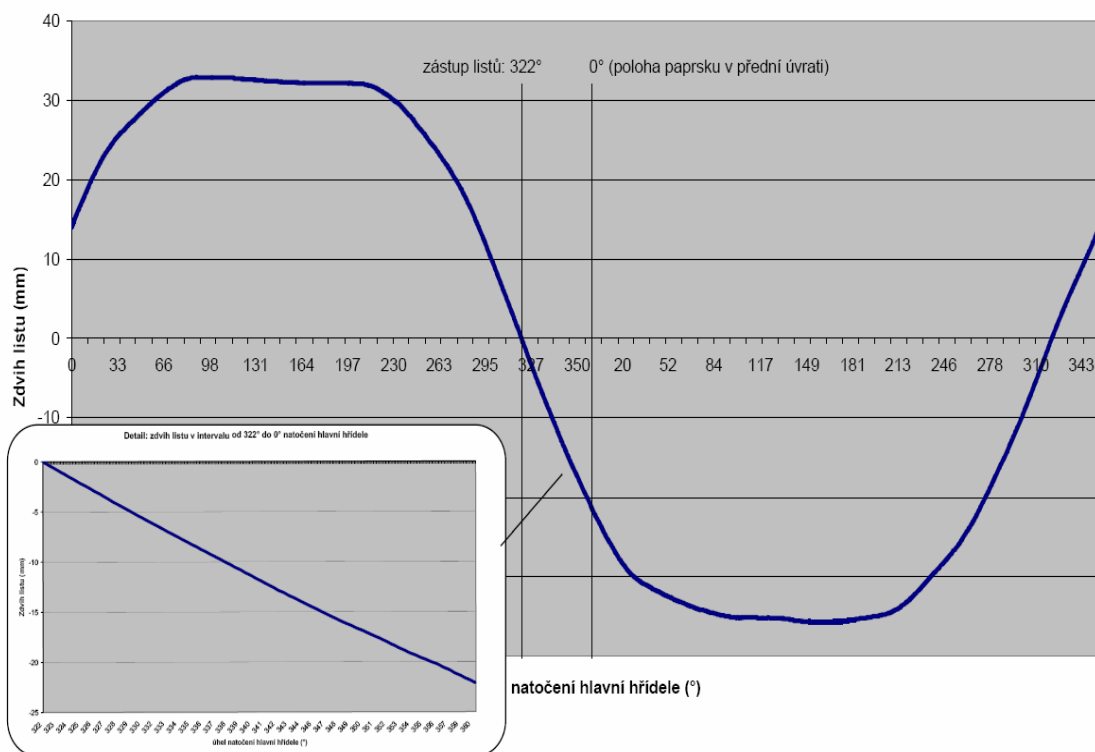
Obr. 9: Osnovní svůrka

Prošlupní mechanismus (vazba, zástup listů, úhel otevření prošlupu při přírazu):

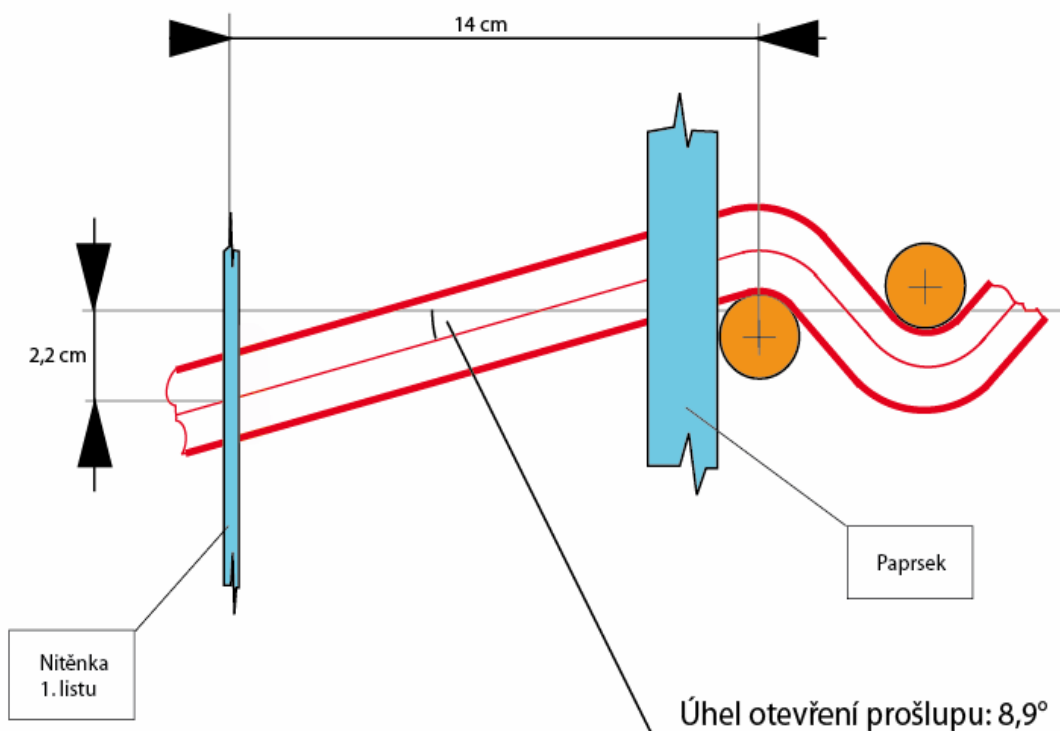
Prošlup je tvořen pomocí elektronicky řízeného rotačního stroje Staubli 2670, který umožňuje zavěsit až 24 listů. Při měření bylo zavěšeno 8 listů a listový stroj byl naprogramován na tvorbu tkaniny v plátňové vazbě. Zástup listů byl nastaven na polohu 322° natočení hlavní hřídele. Hodnota úhlu otevření prošlupu při tomto seřízení je cca. 9° (viz. obr. 10):



Závislost zdvihu 1. listu na úhlu natočení hlavní hřídele



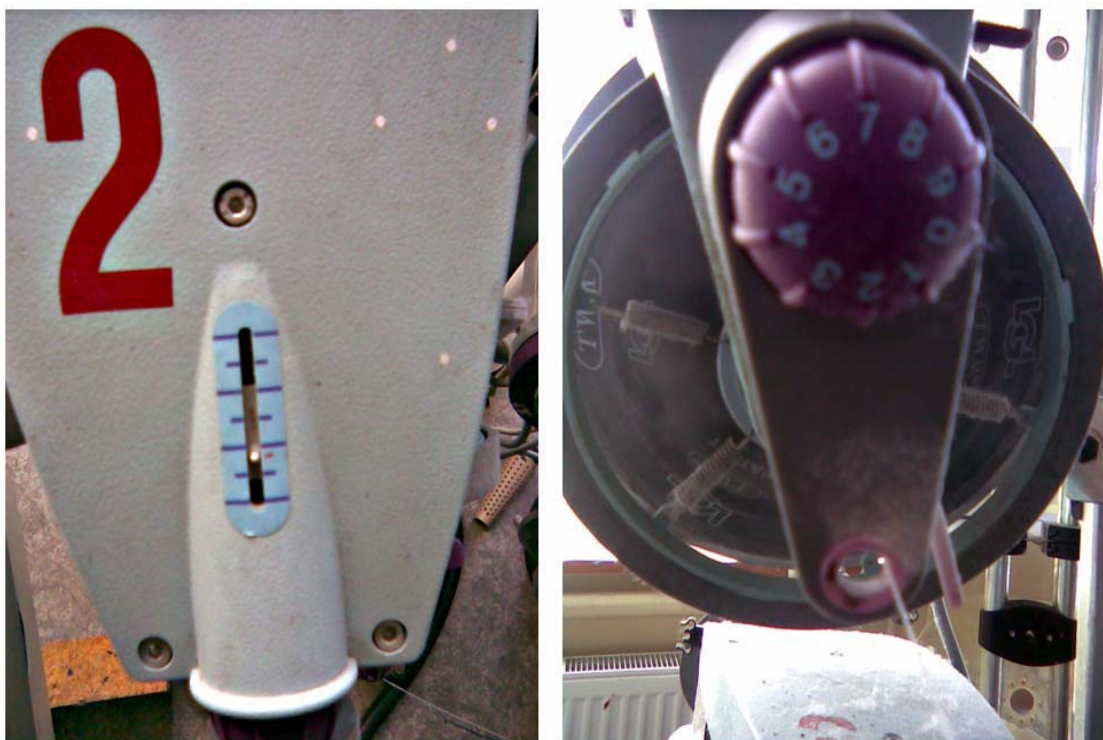
Detail: Čelo tkaniny při 0° natočení hlavní hřídele (zástup listů při 322°)



Obr. 10: Seřízení prošlupního mechanismus

Zanášení útku, barevná záměna, nastavení útkových brzdiček:

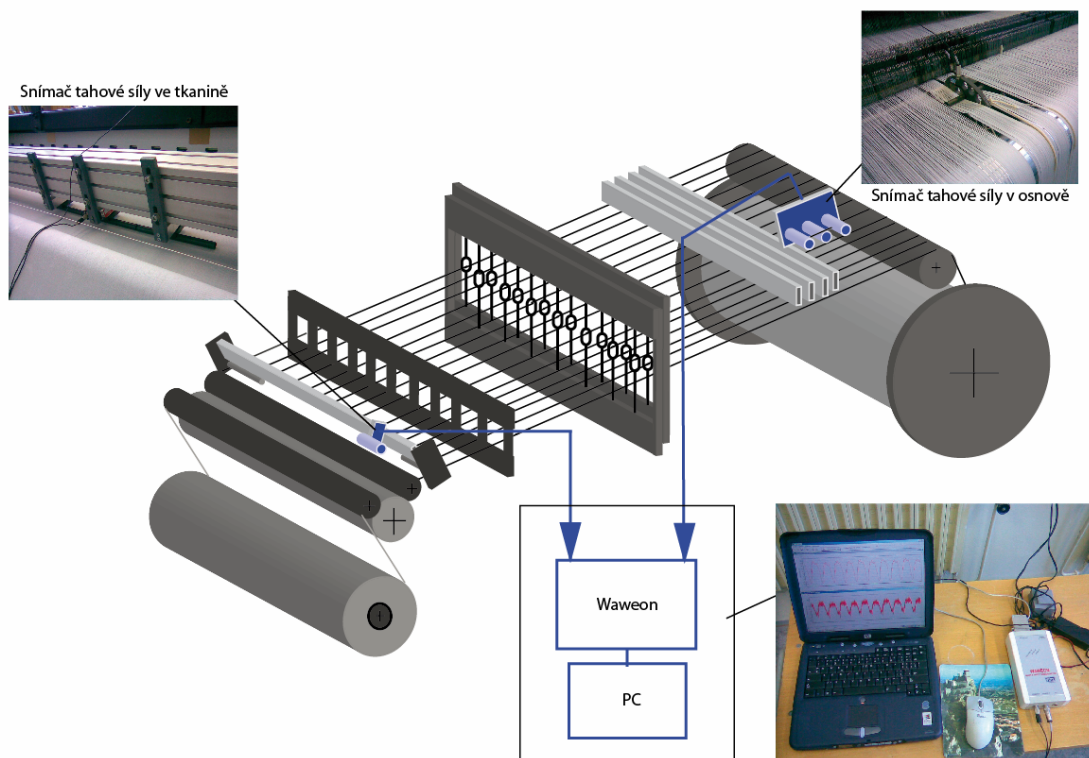
Útek je do prošlupu zanášen pomocí dvojice ohebných jehel (systém Dewas). Z křížové cívky je útková nit odvíjena pomocí dávkovače LGL – SIRIO PROGRESS. Na stroji je instalována osmibarevná útková záměna (8 podavačů útku). Při měření byl využit 4 jediný podavač (označený CH2). Tahová síla v útku byla nastavena pomocí nit'ových brzdiček na dávkovači (viz. obr. 11):



Obr. 11: Nastavení útkových brzdiček na dávkovači

2.2 Způsob realizace měření a použité zařízení

Na tkacím stroji byla současně měřena tahová síla v osnově a ve tkanině pomocí tenzometrických snímačů. Signál z těchto snímačů byl digitalizován a dále zpracován pomocí zařízení Waweon. Toto zařízení bylo prostřednictvím USB portu připojeno ke standardnímu PC, které je vybaveno obslužným programem. Tento program umožňuje nastavení parametrů měření i záznam naměřených hodnot. Rozmístění snímačů na tkacím stroji je znázorněno následujícím obrázkem:



Obr. 12: Rozmístění snímačů na tkacím stroji

2.2.1 Snímač tahové síly v osnově

V našem případě se zabýváme pouze měření tahové síly v osnově, kde byl použit standardní snímač, který je k tomuto účelu určen (výrobce: VÚTS Liberec). Jedná se o tenzometrický snímač s vlastní frekvencí 1,17 kHz a měřicím rozsahem 200N. Při měření byl na tkacím stroji vložen do osnovy v prostoru mezi osnovní svůrkou a lamelami.

Zařízení Waweon

Zařízení Waweon (výrobce: VÚTS Liberec) je dvoukanálové zařízení, které umožňuje kalibraci připojených snímačů, nastavení parametrů měření a uložení naměřených hodnot do souborů. Na kanál označený písmenem „A“ byl připojen snímač tahové síly v osnově. Pomocí obslužného programu byly nastaveny tyto parametry měření:

Pro kanál A:

- Režim měření: neperiodické
- Zesílení: 1
- Snímač: útek (Volba tohoto typu snímače umožňuje měření tahové síly v cN/nit)

Časová základna:

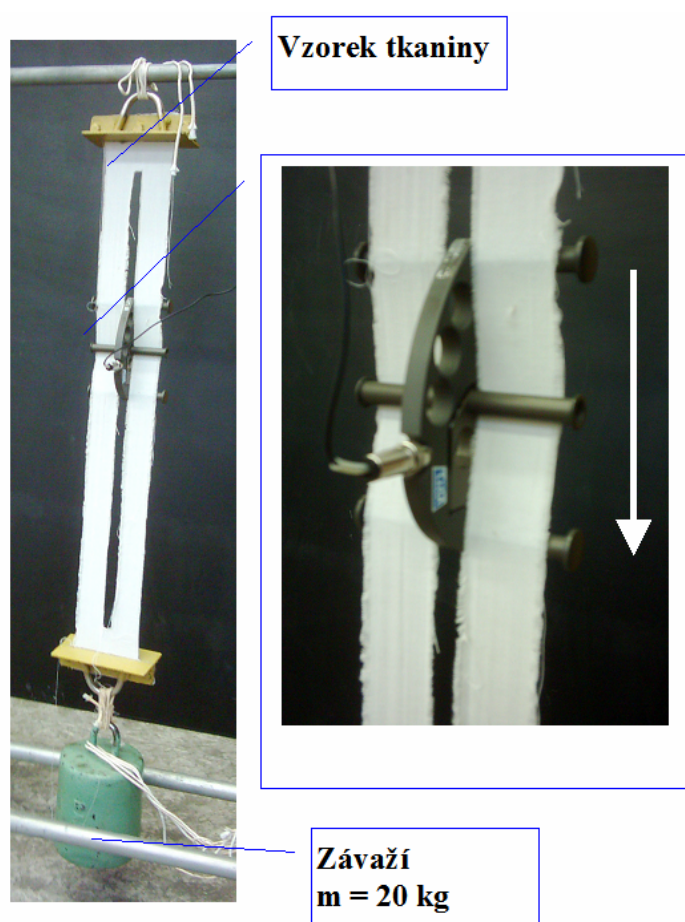
- Typ časové základny: Interní (čas)
- Vzorkovací frekvence: 20 kHz
- Průměrkování: 8

Délka měření: omezená

Spouštění: ručně (stiskem tlačítka v obslužném programu)

Způsob kalibrace snímačů

Nejprve byl kalibrován **snímač tahové síly v osnově**. Kalibrace byla realizována na vzorku tkaniny zavěšeném v rámu (viz. obr. 13)



Obr. 13: Kalibrace snímače tahové síly v osnově

Ve spodní části vzorku tkaniny bylo zavěšeno závaží o hmotnosti 20 kg. Do vzorku tkaniny byl vložen snímač a nadzvednutím závaží byl vzorek tkaniny odlehčen, tj. tahová síla ve vzorku tkaniny byla 0 cN. V obslužném programu přístroje Waweon (speciálním modulu pro kalibraci) bylo spuštěno měření výstupu z A/D převodníku a naměřené hodnotě byla přiřazena odpovídající hodnota tahové síly 0 cN. Potom byl snímač zatížen silou, vytvořenou v pruhu tkaniny pomocí závaží $G = m \cdot g \cdot 10^2 (\text{cN})$.

Symbol m zde představuje hmotnost závaží v kg a symbol g představuje tíhové zrychlení v m/s^2 ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Hodnota síly zatěžující snímač je tedy v našem případě $G = 19620 \text{ cN}$. Potom byl snímač plynule posouván ve směru průchodu osnovy na tkacím stroji (viz. šipka na obr.13) a opět bylo provedeno měření výstupu z A/D převodníku. Naměřené hodnotě byla přiřazena odpovídající tahová síla připadající na jednu nit $Q = G/p_n = 123 \text{ cN}$. Symbol p_n představuje počet nití procházejících snímačem. Tento počet je určen dostavou osnovy ($d_o = 16\text{nití/1cm}$): $p_n = 160$ nití. Potom byl snímač vložen do osnovy na tkacím stroji (viz. obr. 12). Tahová síla v osnově je tedy měřena v cN/nit.

2.2.2 Způsob realizace měření

Nejprve byl spuštěn tkací stroj a měření bylo spuštěno vždy minimálně po 1 minutě jeho chodu. Veškerá měření byla realizována v ustáleném chodu tkacího stroje a pro různé hodnoty seřízení osnovního regulátoru (tahové síly v osnově) a různé hodnoty útkové dostavy (viz. následující tabulka).

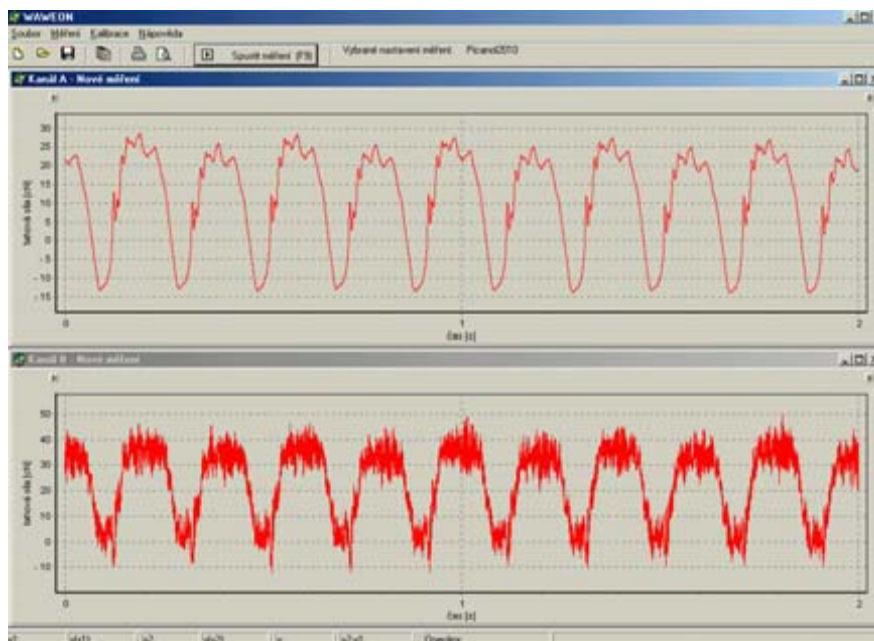
Tab. 1: Varianty realizovaných měření:

Nastavení os. regulátoru	Nastavení útkové dostavy (nití/1cm)								
1kN (35cN/nit)	xxx	9	10	11	12	13	14	15	16
1,5kN(53cN/nit)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2kN (70cN/nit)	xxx	xxx	10	11	12	13	14	xxx	xxx

Symbol xxx – měření při daném seřízení nebylo možné realizovat z technologických důvodů

Během měření byla naměřená data zobrazena formou grafů časových závislostí tahové síly v osnově a ve tkanině v prostředí obslužného programu zařízení Waweon (viz. obr. 14). Horní graf představuje časovou závislost tahové síly v osnově (snímač připojený na kanál „A“) a spodní graf představuje časovou závislost tahové síly ve tkanině (snímač připojený na kanál „B“).

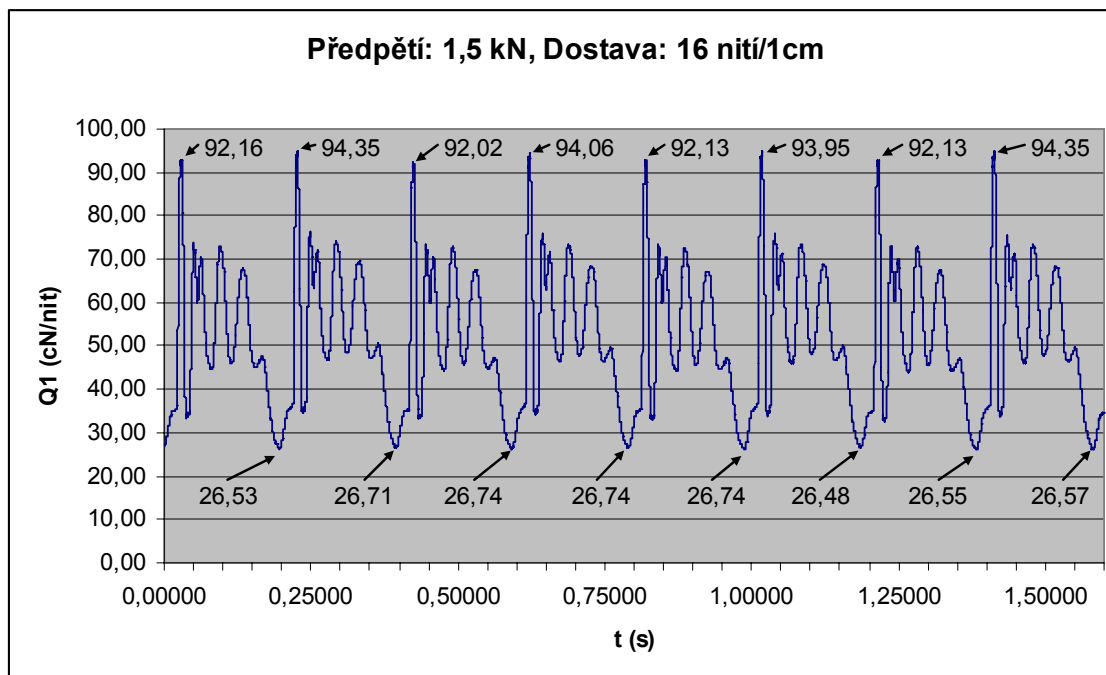
Pomocí obslužného programu Waweon byla naměřená data exportována do ASCII souborů a dále zpracována v tabulkovém kalkulátoru Excel 2003.



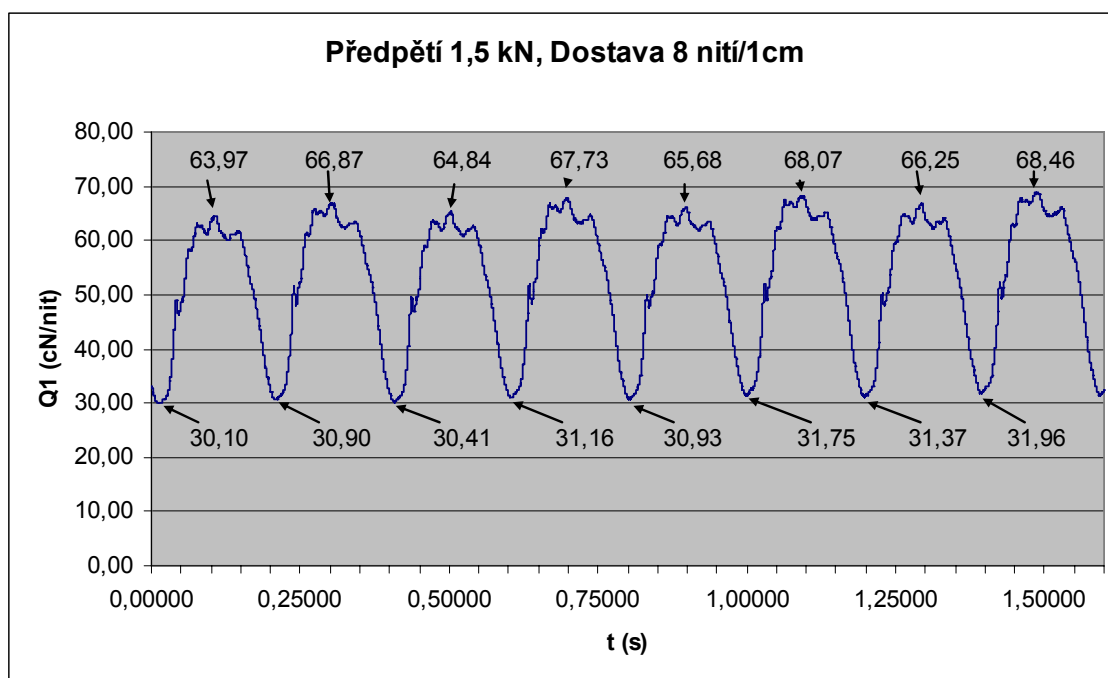
Obr. 14: Grafy v programu Waweon

2.2.3 Zpracování naměřených dat

V tabulkovém kalkulačtoru Excel 2003 byly vytvořeny grafy časových závislostí tahové síly v osnově Q_1 . Časová závislost tahové síly v osnově je vyjádřena grafem na obrázku číslo 15 a 16.



Obr. 15: Časová závislost tahové síly v osnově (Maxima bylo dosaženo vlivem přírazu)



Obr. 16: Časová závislost tahové síly v osnově (Maxima bylo dosaženo vlivem prošlupu)

Pomocí výše uvedených grafů byla určena maximální hodnota tahové síly v osnově pro 8 tkacích cyklů pro jednotlivé útkové dostavy. Grafy časových závislostí měřených veličin jsou pro jednotlivé útkové dostavy uspořádány v přílohách této práce. Pro každé měření byla z takto získaných hodnot určena průměrná hodnota tahové síly v osnově $Q_{I \max}$, $Q_{I \min}$, směrodatná odchylka, 95%-ní interval spolehlivosti. Maxima bylo dosaženo vlivem přírazu (Obr. 15) nebo prošlupu (Obr. 16). Dále popíšeme jednotlivé typy těchto grafů.

Jak už bylo řečeno, u každé útkové dostavy jsou prezentovány grafy pro osm po sobě následujících přírazů. Grafy označené jako „Časová závislost tahové síly v osnově“ (na obrázku 15 a 16) zobrazují závislost tahové síly v osnově Q_I . V horní části tohoto grafu jsou označeny maxima tahové síly, které vznikají vlivem přírazu. V dolní části jsou označeny minima tahové síly při uzavření prošlupu. U grafu na obrázku 16 jsou maxima tahové síly dosažena vlivem otevíráním prošlupu na tkacím stroji. Je zřejmé, že u vyšších útkových dostav maximální tahová síla je tvořena přírazem a u nižších útkových dostav tvořena prošlupem. Určitý vliv seřízení osnovního regulátoru (pro 1kN, 1,5kN a 2kN) ovlivňuje maximální tahovou sílu pro jednotlivé dostavy. Hodnoty měření jsou zpracovány v následující tabulce č. 2.

Tab. 2: Maximální a minimální hodnoty tahové síly v osnově pro jednotlivá měření

<i>Dostava</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
Q_{max} (cN/nit) pro 1,0kN	xxx	49,9	50,1	50,4	52,2	48,9	55,9	59,7	61,1
Směrodatná odchylka	xxx	1,1	1,4	1,5	1,4	1	1,1	0,8	0,9
Interval Spolehlivosti 95%	xxx	14,2	14,3	14,7	14,7	13,6	15,3	14,9	15,4
Q_{min} (cN/nit) pro 1,0kN	xxx	18,4	17,8	18,0	18,4	13,9	14,5	11,8	9,0
Směrodatná odchylka	xxx	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3
Interval Spolehlivosti 95%	xxx	8,4	8	8,2	8,7	7,8	7,6	7,6	5,8
Maxima bylo dosaženo vlivem	xxx	prošlup	prošlup	prošlup	prošlup	přiraz	přiraz	přiraz	přiraz
Q_{max} (cN/nit) pro 1,5kN	66,5	69,7	76,8	66,8	72,2	67,7	73,2	93,2	93,1
Směrodatná odchylka	1,6	1,3	1,2	1,3	1,3	1,5	1,4	0,8	1,1
Interval Spolehlivosti 95%	15,2	16,9	17,4	16,5	17,1	16,6	16,4	19,2	18,6
Q_{min} (cN/nit) pro 1,5kN	31,1	33,2	37,9	29,9	32,4	28,2	28,0	23,0	26,6
Směrodatná odchylka	0,6	0,2	0,5	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,1
Interval Spolehlivosti 95%	10,6	11,3	12,4	10,8	11,1	10,4	10,4	9,7	10,2
Maxima bylo dosaženo vlivem	prošlup	prošlup	prošlup	prošlup	prošlup	prošlup	přiraz	přiraz	přiraz
Q_{max} (cN/nit) pro 2,0kN	xxx	xxx	83,7	83,9	85,3	83,4	110,9	xxx	xxx
Směrodatná odchylka	xxx	xxx	0,9	10,4	1,8	1,5	0,6	xxx	xxx
Interval Spolehlivosti 95%	xxx	xxx	18,1	18,1	17,8	17,7	20,8	xxx	xxx
Q_{min} (cN/nit) pro 2,0kN	xxx	xxx	48,1	50,4	45,6	39,7	37,6	xxx	xxx
Směrodatná odchylka	xxx	xxx	0,7	0,3	0,2	0,2	0,4	xxx	xxx
Interval Spolehlivosti 95%	xxx	xxx	13,2	14	13,3	12,5	11,8	xxx	xxx
Maxima bylo dosaženo vlivem	xxx	xxx	prošlup	prošlup	prošlup	prošlup	přiraz	xxx	xxx

2.3 Parametry použité délkové textilie

Měření bylo provedeno při teplotě vzduchu $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ a vlhkosti vzduchu $65\% \pm 2\%$. Při měření byla použita dvojmo skaná polyamidová nit o jemnosti 25 tex x 2. Měření probíhalo na Zweigle KG Reutlingen D310. Další parametry délkové textilie byly určeny pomocí přístroje Uster Tester IV-SX. Zde byla nastavena rychlost 400 m/min a doba měření 1 min. Postupně byly realizovány tři měření s těmito výsledky:

Tabulka číslo 3: Výsledky měření				
	Počet měření	Průměr	95% interval spol.	Směrodatná odchylka
U [%]	5	6,89	(6,79 ; 6,99)	0,080
CV [%]	5	8,69	(8,57 ; 8,81)	0,097
CV_{1m} [%]	5	2,91	(2,79 ; 3,04)	0,101
CV_{3m} [%]	5	2,22	(2,06 ; 2,38)	0,129
CV_{10m} [%]	5	1,44	(1,2 ; 1,69)	0,196



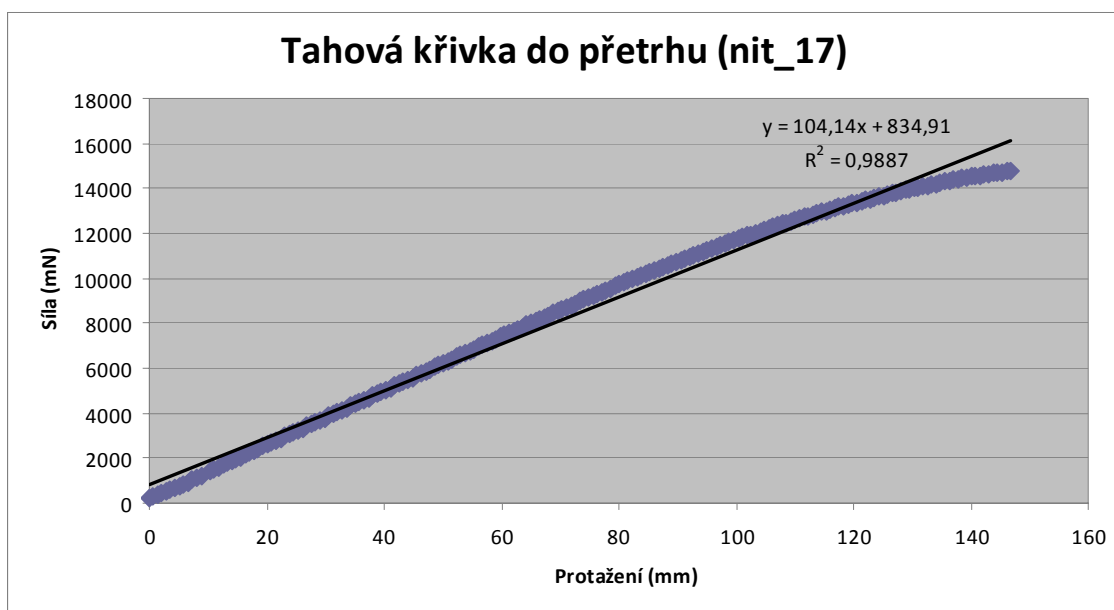
Počet slabých míst –50% [km ⁻¹]	5	0,5	(0,11 ; 1,6)	1,118
Počet silných míst +50% [km ⁻¹]	5	4,5	(3,06 ; 6,78)	4,809
Nopky +200% [km ⁻¹]	5	9,5	(7,35 ; 12,61)	4,809
Chlupatost[-]	5	7,35	(7,09 ; 7,61)	0,210

2.3.1 Zkouška pevnosti

Byla provedena na Instron dle ČSN-EN-ISO-2062 Textilie. Nítě na návinech - zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu. Pevnost a tažnost příze byla zjišťována při standardní upínací délce 500mm, stanoveném předpětí 0,25 N a rychlost příčnicku 450 mm/min. Získaná data byla statisticky testována z hlediska homogenity a normality, v případě nutnosti byly vybočující hodnoty odstraněny pomocí vyhodnocovacího programu Excel. Postupně bylo realizováno padesát měření s těmito výsledky.

Tabulka číslo 4: Pevnost a tažnost nitě				
	Počet měření	Průměr	95% interval spol.	Směrodatná odchylka
Pevnost [N]	50	14,16	(13,98 ; 14,34)	0,618
Poměrná pevnost [cN/tex]	50	28,32	(27,97 ; 28,67)	1,23
Tažnost [%]	50	28,55	(28,01; 29,08)	1,89

V našem případě bylo z padesáti realizovaných měření vybráno náhodně dvacet tahových křivek a v tabulkovém kalkulátoru Excel byla metodou nejmenších čtverců proložena naměřenými daty přímka $y = K_{NT} \cdot x + q$. Symbol x zde představuje protažení nitě a symbol K_{NT} zde představuje směrnici regresní přímky, tj. modul tuhosti nitě. Dále byl vypočten korelační koeficient R^2_{NT} , který vyjadřuje „míru linearity“ deformačních vlastností dané délkové textilie až do přetrhu (viz. obr 17):



Obr 17: Tahová křivka do přetrhu a její regresní přímka

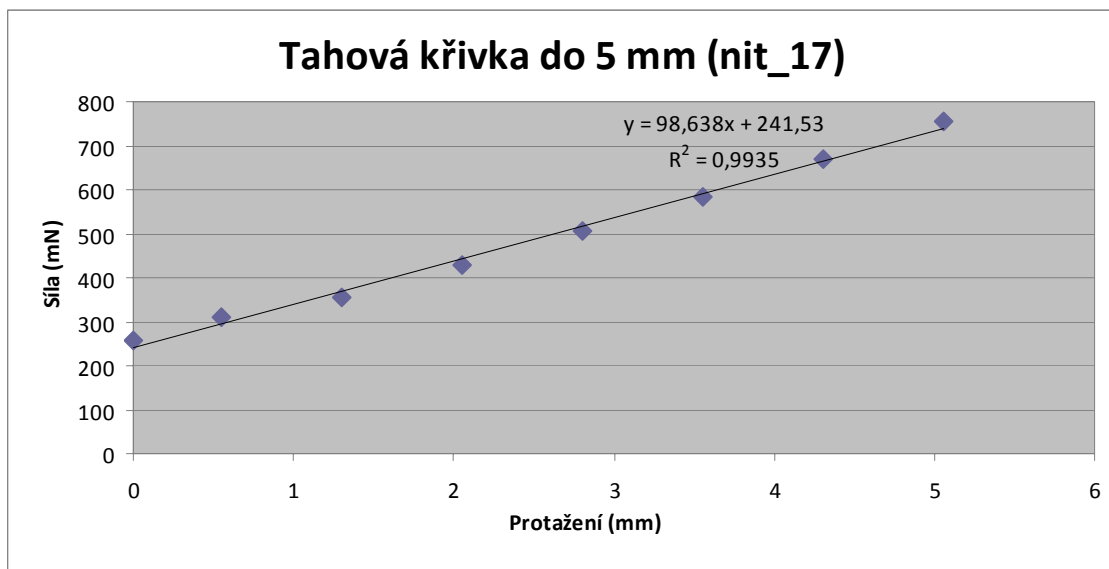
Výsledné hodnoty modulu tuhosti (směrnice regresní přímky) K_{NT} a korelačního koeficientu R^2_{NT} jsou uvedeny v následující tabulce:

Statický modul tuhosti stanovený jako směrnice regresní přímky a korelační koef.				
	Počet měření	Průměr	95% interval spol.	Směrodatná odchylka
K_{NT} [N.m ⁻¹]	20	101,83	(99,62 ; 104,04)	5,038
R^2_{NT}	20	0,988875	(0,985501 ; 0,992249)	0,007698

Tab. 5

2.3.2 Deformační vlastnosti nití při protažení do 5 mm

Dále se zaměříme na analýzu deformačních vlastností délkové textilie při deformacích do 5 mm. Z tahové křivky vybereme pouze data, která odpovídají protažení nitě do 5 mm a těmito daty opět proložíme regresní přímku $y = K_N \cdot x + q$ a vypočteme odpovídající korelační koeficient R^2_N (viz. obr. 3). Symbol K_N zde představuje směrnici regresní přímky, tj. modul tuhosti nitě při její deformaci do 5 mm.



Obr. 18: Tahová křivka do 5 mm a její regresní přímka

Výsledné hodnoty modulu tuhosti (směrnice regresní přímky) K_N a korelačního koeficientu R^2_N jsou uvedeny v následující tabulce:

Statický modul tuhosti stanovený jako směrnice regresní přímky při deformaci do 5mm a korelační koeficient				
	Počet měření	Průměr	95% interval spol.	Směrodatná odchylka
K_N [N.m ⁻¹]	20	100,91	(97,71 ; 104,12)	7,31
R^2_N	20	0,991980	(0,990551 ; 0,993409)	0,003262

Tab. 6

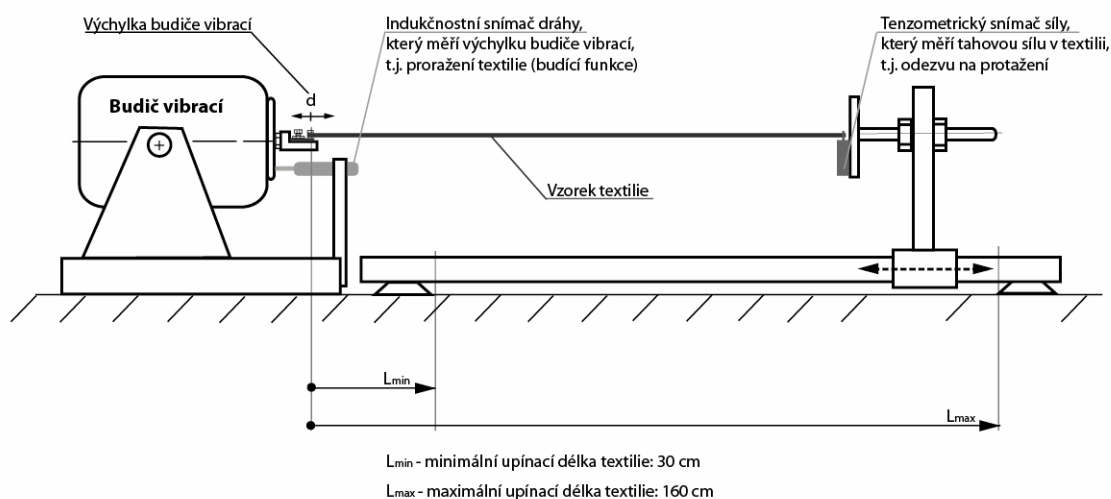
2.3.3 Deformační vlastnosti daného textilního materiálu

Výsledky experimentálních měření prokazují vysokou míru linearitu deformačních vlastností daného textilního materiálu. Hodnoty korelačních koeficientů při protahování v oblastech do 5 mm jsou vysoké při statickém protahování i dynamickém protahování. Při povolování nitě je linearita deformačních vlastností nižší. Výsledky statického protahování při zkoušce pevnosti naznačují i poměrně vysokou míru linearitu deformačních vlastností daného textilního materiálu při jeho protahování až do přetrhu a při cyklickém namáhání dochází k poměrně malému rozptylu energie.

2.4 VibTex: Využití vibračního systému pro testování textilií

Při vyšších rychlostech tkaní je nutné analyzovat nejen jednotlivé mechanismy stroje, ale i chování textilního materiálu. Proto se v této experimentální části pokusíme stanovit deformační vlastnosti nitě v potřebném rozsahu frekvencí a upínacích délek. Proto bylo v rámci projektu GAČR 01/09/0466 zkonstruováno speciální zařízení (VibTex), které je schopno testovat textilie v širokém rozsahu upínacích délek (od 30 cm do 160 cm). Základ tohoto zařízení je tvořen elektromagnetickým vibračním systémem, který je schopen textilii protahovat různou frekvencí a tenzometrickým snímačem, který měří tahovou sílu v textilii (odezvu na protažení).

Princip zařízení VibTex



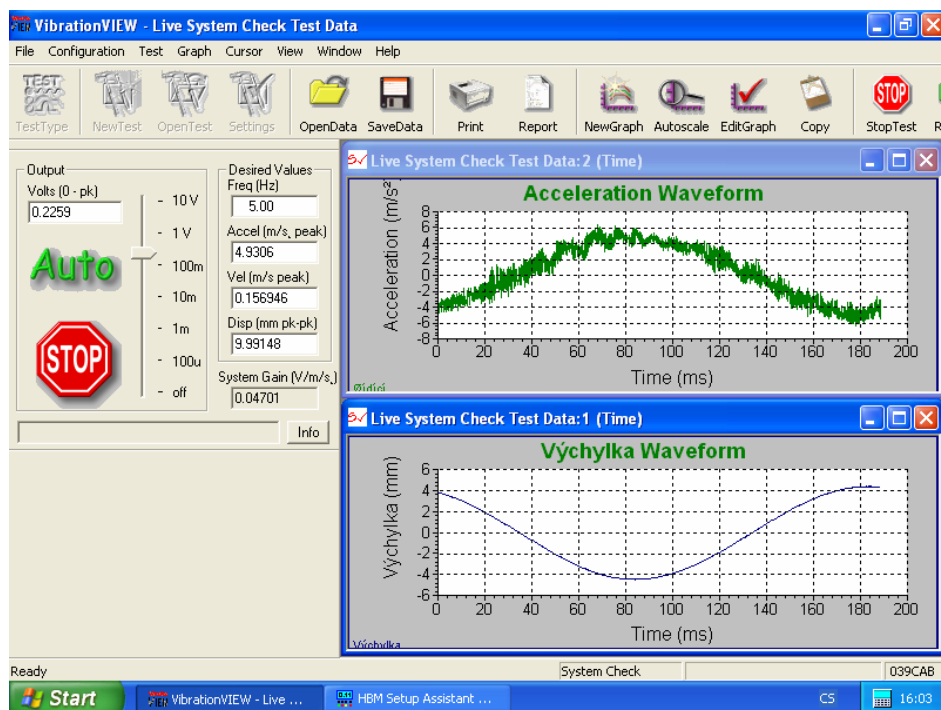
Obr. 19 zařízení VibTex

Vibrační systém je využit jako budič vibrací, který v textilii vytváří periodické (cyklické) protažení. Rozsah dosažitelných frekvencí, při požadovaném maximálním protažení textilie.

2.4.1 Způsob řízení budiče vibrací a měření tahové síly

Součástí vibračního systému je dvou-kanálová řídicí jednotka VR 8500, která umožňuje řízení budiče vibrací na základě požadovaného průběhu zrychlení. Z těchto důvodů je nutné na budič vibrací umístit snímač zrychlení a signál z tohoto snímače přivést na první kanál řídicí jednotky. Na druhý kanál řídicí jednotky je přiveden signál indukčního snímače. Řídicí jednotka je pomocí síťového kabelu propojena se

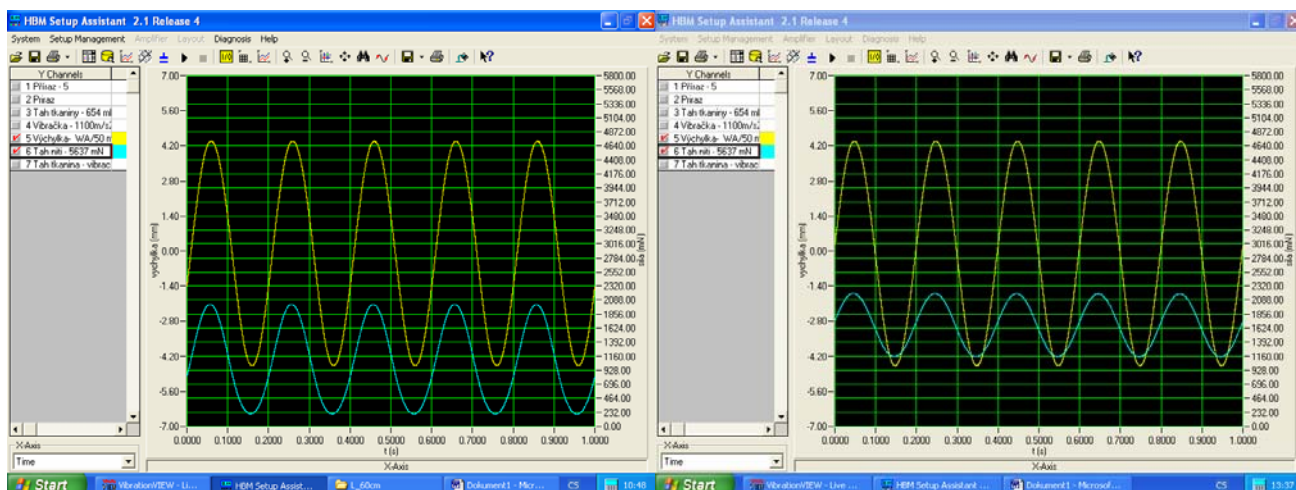
standardním počítačem (operační systém Windows XP), který je vybaven software VibrationVIEW (na obr. 20). Tento software je dodáván společně s řídicí jednotkou a umožňuje definovat požadovanou časovou závislost zrychlení budiče vibrací.



Obr. 20: Okna programu VibrationVIEW

Součástí zařízení VibTex je také osmi-kanálová měřicí ústředna MGCplus. Na pátý kanál této ústředny je přiveden signál z tenzometrického snímače a na šestý kanál signál z indukčnostního snímače. Měřicí ústředna je rovněž propojena pomocí síťového kabelu s počítačem, který je vybaven obslužným programem HBM Setup Assistant (na obr. 21). V tomto programu je možné zobrazit časovou závislost výchylky budiče vibrací, jež určuje protažení textilie (budící funkce) a časovou závislost tahové síly v textili (odezvu) a tyto hodnoty exportovat do textového souboru s ASCII kódováním. Zařízení VibTex umožňuje nastavit požadované předpětí ve vzorku textilie pomocí stavěcích šroubů integrovaných na držáku tenzometrického snímače.

V našem případě v programu HBM Setup Assistant (výsledky měření s harmonickým protažením) jsme měřili s upínací délkou 60cm a předpětím 232 mN (na obr. 21 vlevo). A upínací délkou 140cm s předpětím 1160 mN (na obr. 21 vpravo).



Obr. 21 Výsledky měření s harmonickým protažením

2.4.2 Popis měření na VibTex

Měření bylo provedeno při teplotě vzduchu $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ a vlhkosti vzduchu $60\% \pm 2\%$. Jak bylo uvedeno při zdvihu listu o cca 50-60 mm, je protažení osnovních nití přibližně 10 mm. Z tohoto důvodu byl zadán požadovaný průběh zrychlení ve tvaru harmonické funkce, a to tak, aby maximální protažení nitě pro námi určené frekvence dosahovalo zmiňované hodnoty 10 mm.

V experimentu byly osnovní nitě namáhány frekvencí 5 Hz. Tato frekvence odpovídá seřazeným otáčkám na tkacím stroji 301 ot./min. Je tedy dostatečná pro simulaci namáhání osnovních nití při otevírání prošlupu v procesu tkaní.

Do zkušební stolice byla každá nit postupně upnuta v délce: 600 mm, 1000mm, 1400mm, s předpětím nitě 232 mN a 1160 mN. Tyto délky byly stanoveny na základě naměřených vzdáleností na obrázku číslo 10. Proto součet stanovených délek (na obr. 10) na tkacím stroji, by se měl rovnat skutečné délce (1400 mm) osnovních nití namáhané na tkacím stroji.

Pro každý druh materiálu bylo provedeno 10 měření s předpětím nitě 232 mN a 1160 mN. Se stejnou frekvencí pro každou upínací délku. Celkem tedy bylo provedeno 60 pokusů. Každé měření bylo zaznamenáno po dobu 1 sekundy.

Naměřené hodnoty uložené v souborech obslužného programu počítače byly nadále zpracovány. Pro další vyhodnocení dat bylo též využito softwaru Mathematica 6. Z dat, po importu do Excelu, byly vyhotoveny grafy a tabulky.

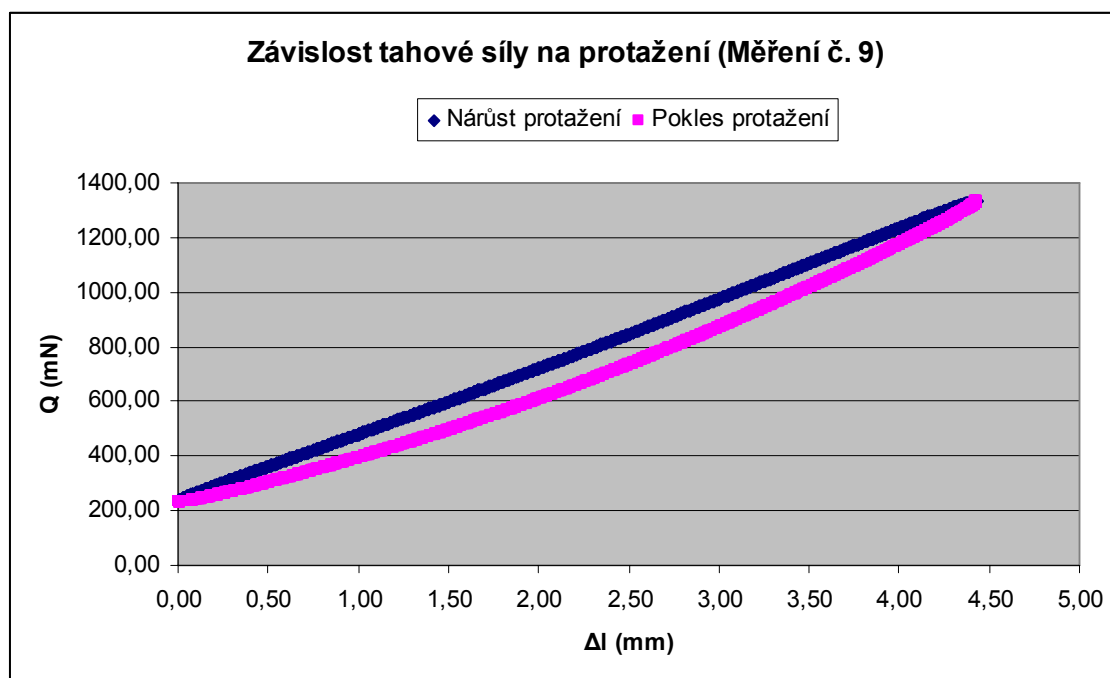
2.4.3 Zpracování výsledků

V této části je pojednáno o vlivu působení tahové síly v osnovní niti na její protažení při různých upínacích délkách.

Jak již bylo řečeno výsledkem měření je série ASCII (textových) souborů pro jednotlivá měření při dané frekvenci. V souborech jsou zaznamenány hodnoty času, výchylky budiče vibrací a tahové síly v textilií. Program je schopen tyto série souborů automaticky zpracovat a vypočítat. V našem případě byl vypočítán komplexní modul tuhosti a závislost tahové síly na protažení. Hlavním výstupem programu je přehledné tabulka, která obsahuje výše uvedené hodnoty pro jednotlivá měření. Tabulka je uložena v textovém souboru, který je možné snadno importovat do běžných tabulkových procesorů. Tyto data byla statisticky zpracována a graficky upravena. Grafy ze všech měření jsou téměř totožné, proto je uvedeno příkladem pouze jedno měření.

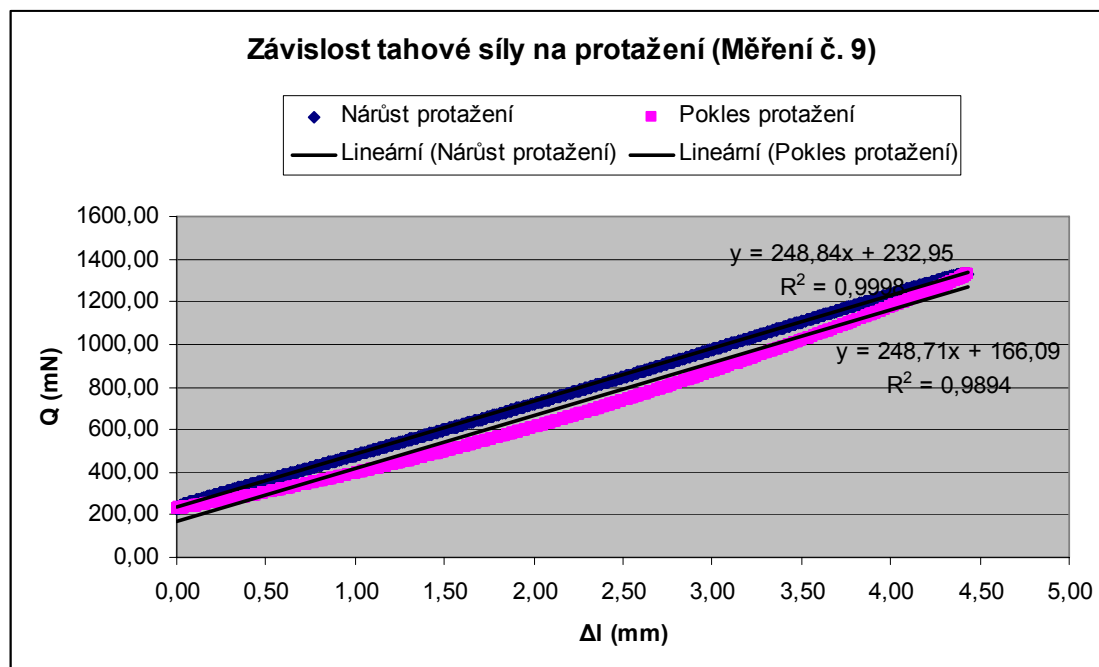
2.5. Stanovení dynamických modulů tuhosti

Na speciálním zařízení *VibTex*, jehož konstrukce je podrobně popsána v předchozí části bylo realizováno experimentální měření s harmonickým průběhem protažení s frekvencí 5 Hz a maximálním protažením 5 mm. Jedním z výstupů přístroje *VibTex* je závislost tahové síly na protažení při protahování i povolování nitě (obr. 22).



Obr 22: Závislost tahové síly na protažení při protahování i povolování nitě

Takto realizovaná měření umožňují stanovit modul tuhosti jako směrnici regresní přímky při protahování ($y=K_N \cdot x+q$) i povolování nitě ($y=K_P \cdot x+q$) a příslušné korelační koeficienty R^2_N a R^2_P (viz. obr 23):



Obr 23: Závislost tahové síly na protažení při protahování i povolování nitě

	Nárůst protažení		Pokles protažení	
Počet měření: 20	K_N (N/m)	R^2_N	K_P (N/m)	R^2_P
Průměr	239,379	0,99971	238,208	0,9883
95% IS	(236,48;242,28)	(0,999636;0,999784)	(235,16;241,25)	(0,987983;0,987983)
S. odch.	6,61	0,000074	6,95	0,000723

Tabulka číslo 7: Dynamické moduly tuhosti a korelační koeficienty

Realizovaná měření prokázala u daného textilního materiálu vliv frekvence protažení na modul tuhosti nitě. V případě statické zkoušky pevnosti na zařízení Instron 4411 je modul tuhosti při protahování do 5 mm vyjádřen hodnotou $K_N= 100,91$ (N/m) a v případě dynamického protahování na zařízení *VibTex* hodnotou $K_N= 239,379$ (N/m). Toto chování textilních materiálů je pravděpodobně způsobeno jejich reologickými vlastnostmi. Je tedy zřejmé, že i přes vysokou míru linearitu deformačních vlastností daného textilního materiálu není pouhá náhrada ideální pružinou v celé frekvenční oblasti možná a je nutné hledat vhodný reologický model, který toto chování daného

textilního materiálu bude postihovat. V případě stanovení konkrétních modulů tuhosti je nutné zohlednit režim namáhání textilních materiálů při jejich zpracování. Využití standardních metod (například tahové křivky ze zkoušek pevnosti) pro stanovení modulů tuhosti osnovních nití na tkacím stroji není vzhledem k těmto skutečnostem možné.

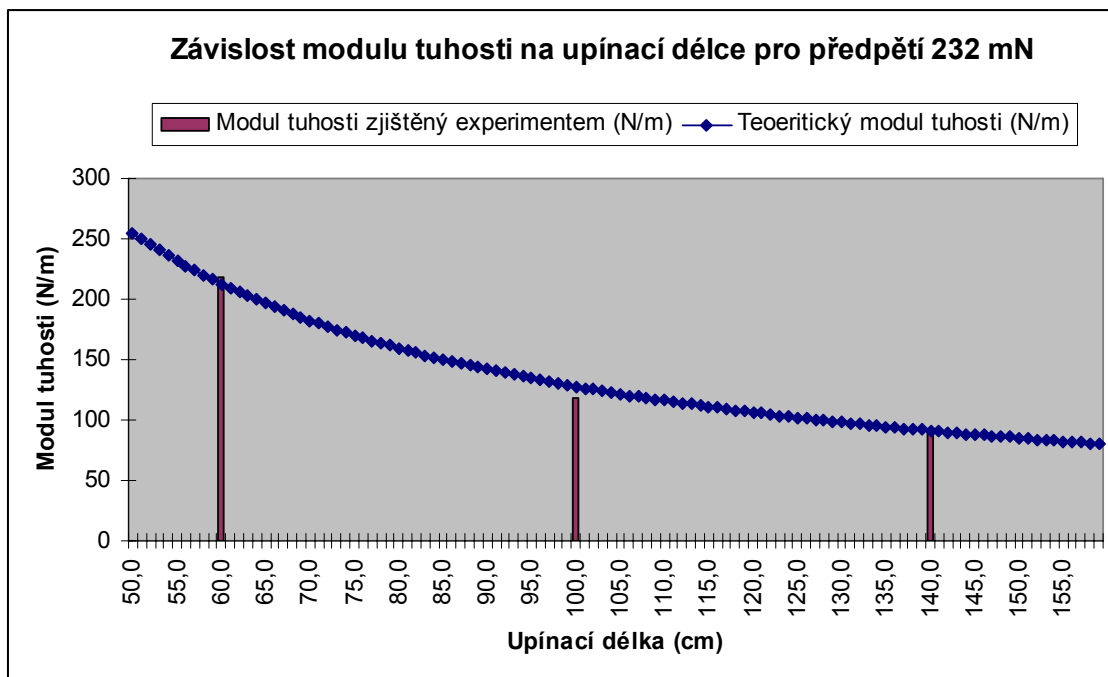
Komplexní modul tuhosti v závislosti na různých upínacích délkách:

Předpětí 232			
Upínací délka	Komplexní modul N/m	Sm. Odchylka	Interval spolehlivosti
60 cm	218,5	9,41	(212,65;224,34)
100 cm	118,6	3,8	(116,3;120,96)
140 cm	90,2	3,72	(87,86;92,48)
Předpětí 1160			
Upínací délka	Komplexní modul N/m	Sm. Odchylka	Interval spolehlivosti
60 cm	263,1	10,04	(256,85;269,29)
100 cm	165,1	3,47	(163;167,3)
140 cm	120,9	2,76	(119,19;122,61)

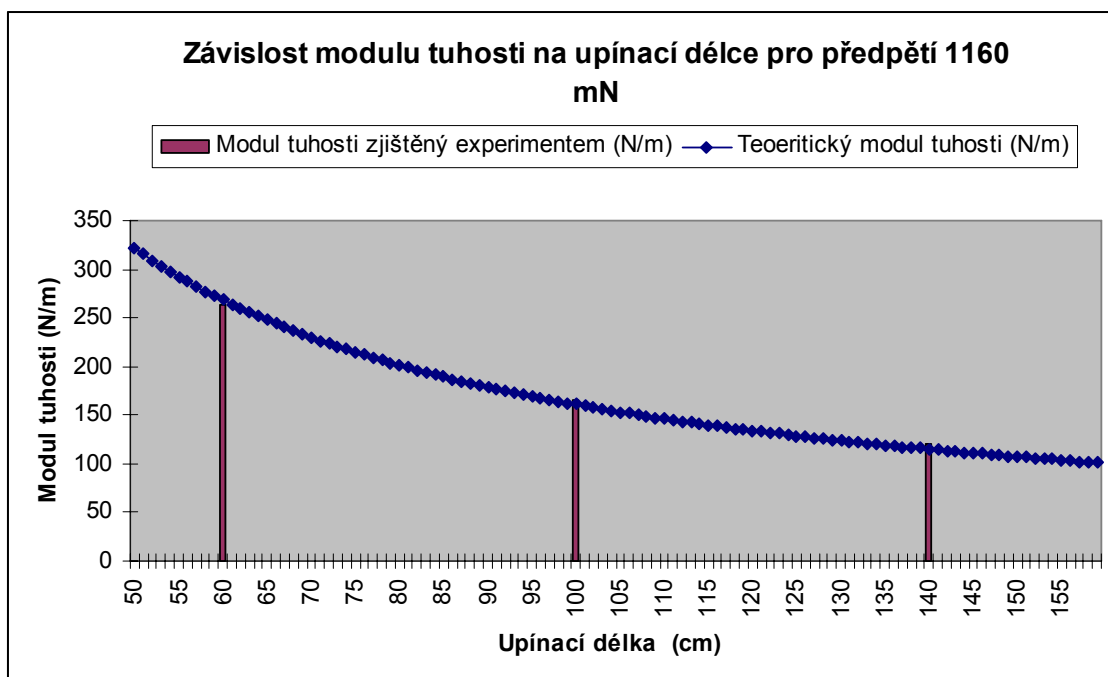
Tab. 8

Na následných obrázcích obr. 24, obr. 25 je vynesena závislost modulu tuhosti nitě na upínací délce dle vztahu (11). Z vypočítaných hodnot modulu tuhosti pro jednotlivé upínací délky, byla pomocí programu Mathematica 6 stanovena regresní křivka (viz grafy na obr. 24, obr. 25) Jak je vidět křivka má hyperbolický průběh.

Porovnáme-li v tabulkách č. 8 hodnoty modulu tuhosti nitě jednotlivých upínacích délek, je patrné, že se zvyšující se upínací délkou modul tuhosti nitě klesá (obr. č. 24, obr. č. 25).



Obr. 24: Závislost modulu tuhosti na upínací délce pro předpětí 232 mN



Obr. 25: Závislost modulu tuhosti na upínací délce pro předpětí 1160 mN

Program Mathematica 6 stanovil konstantu pro vypočítání teoretického modulu tuhosti, při různé upínací délce pro předpětí 232 mN a 1160mN. Proto si můžeme jednoduše spočítat teoretický modul tuhosti C pro různé upínací délky x . V našem

případě se konstanta rovná 12761,1 pro předpětí 232mN a pro předpětí 1160 mN je rovna 16090,5.

$$C = \frac{konst.}{x} \quad (27)$$

Dále můžeme stanovit na základě získaných hodnot nevyužitou kapacitu pevnosti nitě **V** (%) pro různé dostavy během tkaní. Na základě stanovené pevnosti nitě **P** (cN) a maximální tahové síly v osnově Q_{lmax} pro různé dostavy. Nevyužitá kapacita pevnosti nitě pro různé dostavy je znázorněna v tab. 9.

$$V = \frac{P - Q_{lmax}}{P} * 100 \quad (\%) \quad (28)$$

Nevyužitá kapacita pevnosti nitě									
<i>Dostava</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
V (%) pro 1,0kN	xxx	96,4	96,4	96,4	96,3	96,4	96	95,7	95,6
V (%) pro 1,5kN	95,3	95	94,5	95,2	94,9	95,2	94,9	93,4	93,4
V (%) pro 2,0kN	xxx	xxx	94	94	93,9	94	92,1	xxx	xxx

Tab. 9 Nevyužitá kapacita pevnosti nitě pro různé dostavy

Měření bylo prováděno v širokém rozsahu 1 kN až 2 kN . V takovém rozsahu nastavení osnovních nití se příliš nemění nevyužitá kapacita osnovní nitě.

Závěr

Během tkaní dochází k přetrhům především v důsledku vytvoření tzv. „spínáků“, tj. odstávající vlákna sousedních nití osnovy se do sebe vzájemně zamotají a to na tkacím stroji způsobí skokovou změnu „upínací“ délky těchto nití. Především při otevírání prošlupu dojde v důsledku zkrácení této délky k nárůstu tahové síly v těchto nitích a možnému přetrhu. Především by se tedy měla snížit chlupatost příze. Pokud ke snížení chlupatosti nedochází, má smysl zvyšovat šlichtováním i absolutní pevnost nitě. Při vytváření „spínáků“ může zvýšení absolutní pevnosti příznivě ovlivnit přetřhovost osnovy.

Výsledky experimentálních měření prokazují vysokou míru linearitu deformačních vlastností daného textilního materiálu. Hodnoty korelačních koeficientů při protahování v oblastech do 5 mm jsou vysoké při statickém protahování i dynamickém protahování. Při povolování nitě je linearita deformačních vlastností nižší. Výsledky statického protahování při zkoušce pevnosti naznačují i poměrně vysokou míru linearitu deformačních vlastností daného textilního materiálu při jeho protahování až do přetrhu a při cyklickém namáhání dochází k poměrně malému rozptylu energie.

Realizovaná měření prokázala u daného textilního materiálu vliv frekvence protažení na modul tuhosti nitě. V případě statické zkoušky pevnosti na zařízení Instron 4411 je modul tuhosti při protahování do 5 mm vyjádřen hodnotou $K_N = 100,91$ (N/m) a v případě dynamického protahování na zařízení *VibTex* hodnotou $K_N = 239,379$ (N/m). Toto chování textilních materiálů je pravděpodobně způsobeno jejich reologickými vlastnostmi. Je tedy zřejmé, že i přes vysokou míru linearitu deformačních vlastností daného textilního materiálu není pouhá náhrada ideální pružinou v celé frekvenční oblasti možná a je nutné hledat vhodný reologický model, který toto chování daného textilního materiálu bude postihovat. V případě stanovení konkrétních modulů tuhosti je nutné zohlednit režim namáhání textilních materiálů při jejich zpracování. Využití standardních metod (například tahové křivky ze zkoušek pevnosti) pro stanovení modulů tuhosti osnovních nití na tkacím stroji není vzhledem k těmto skutečnostem možné.

Z vypočítaných hodnot modulu tuhosti pro jednotlivé upínací délky byla pomocí programu Mathematica 6 stanovena regresní křivka. Z hodnot modulů tuhosti nitě jednotlivých upínacích délek je patrné, že se zvyšující se upínací délkou modul tuhosti nitě klesá.



Měření bylo prováděno v širokém rozsahu 1 kN až 2kN . V takovém rozsahu osnovních nití se příliš nemění nevyužitá kapacita osnovní nitě.

Stejně tak i náš experiment se zabývá pouze tahovou silou, kterou jsou osnovní nitě namáhány (protahovány) při otvírání a zavírání prošlupu, přestože spolu s tahem působí také ohyb a tření v očkách nitěnek, jenž zanedbáváme.

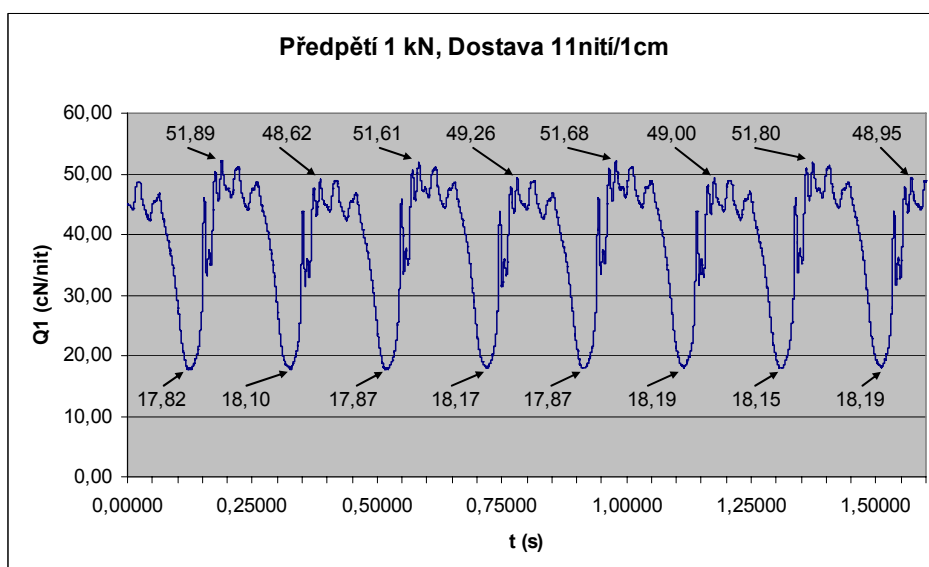
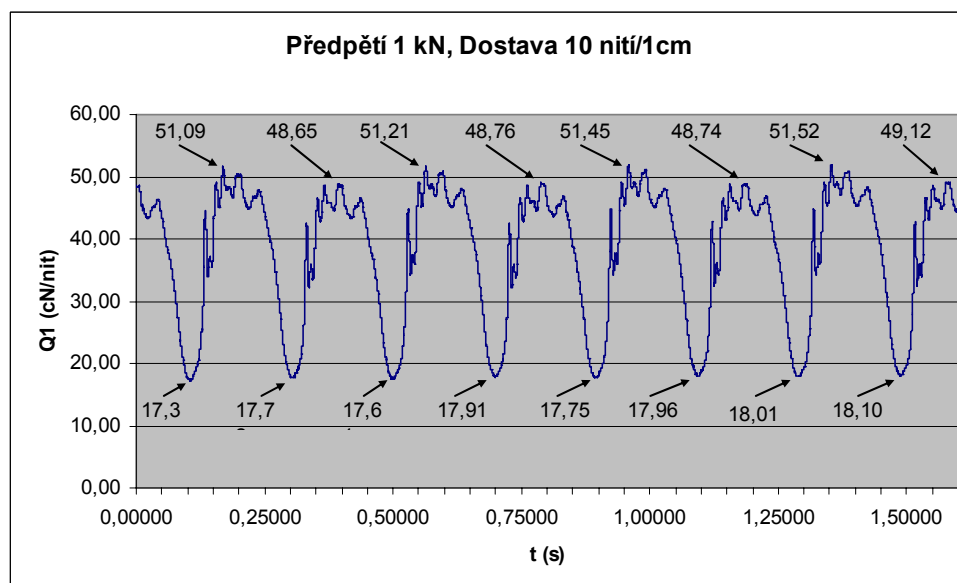
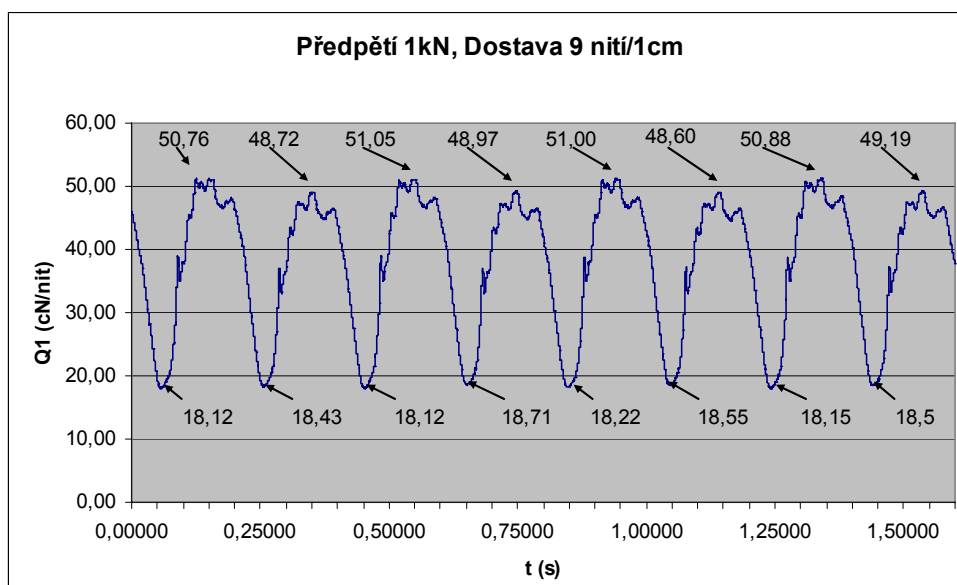
POUŽITÁ LITERATURA

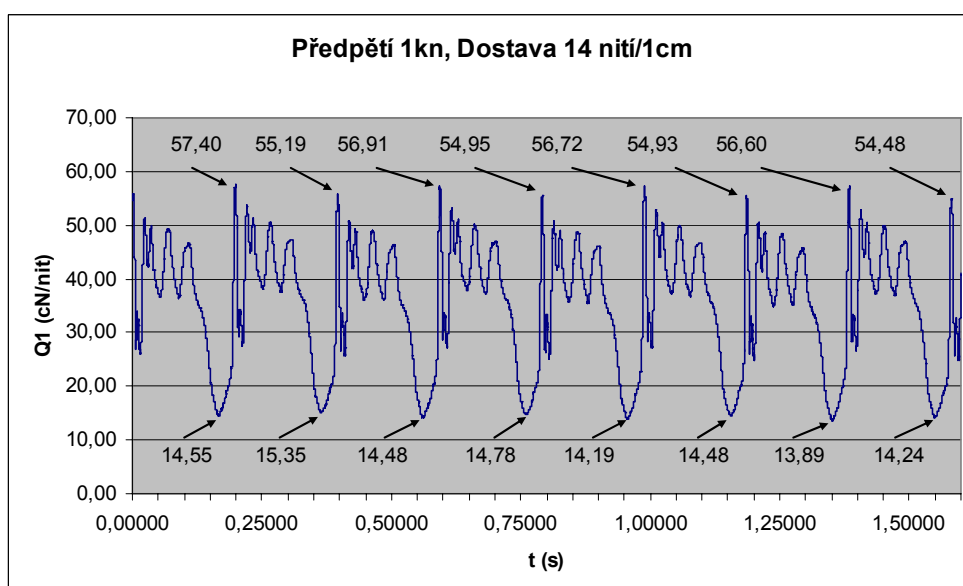
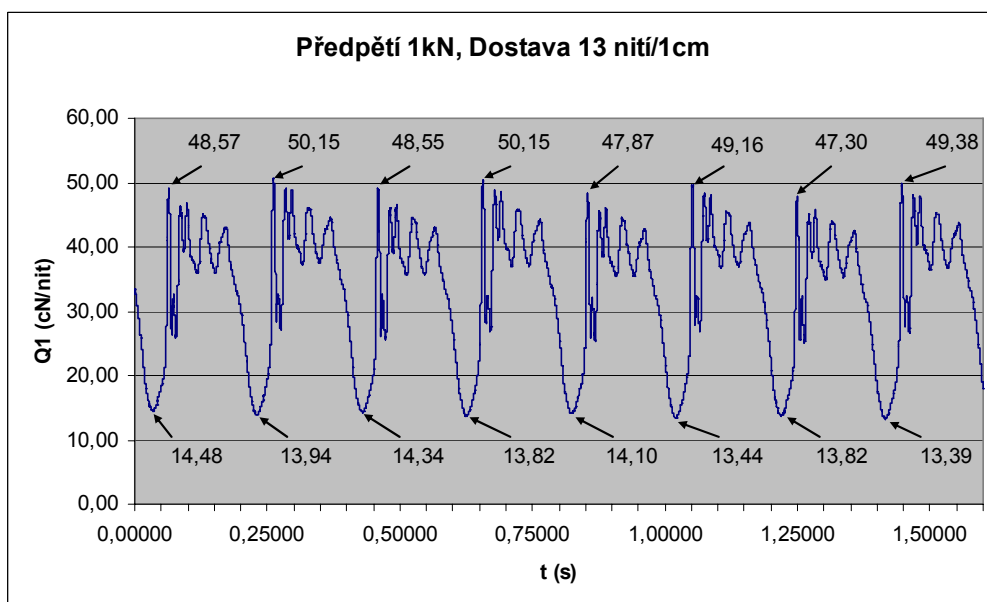
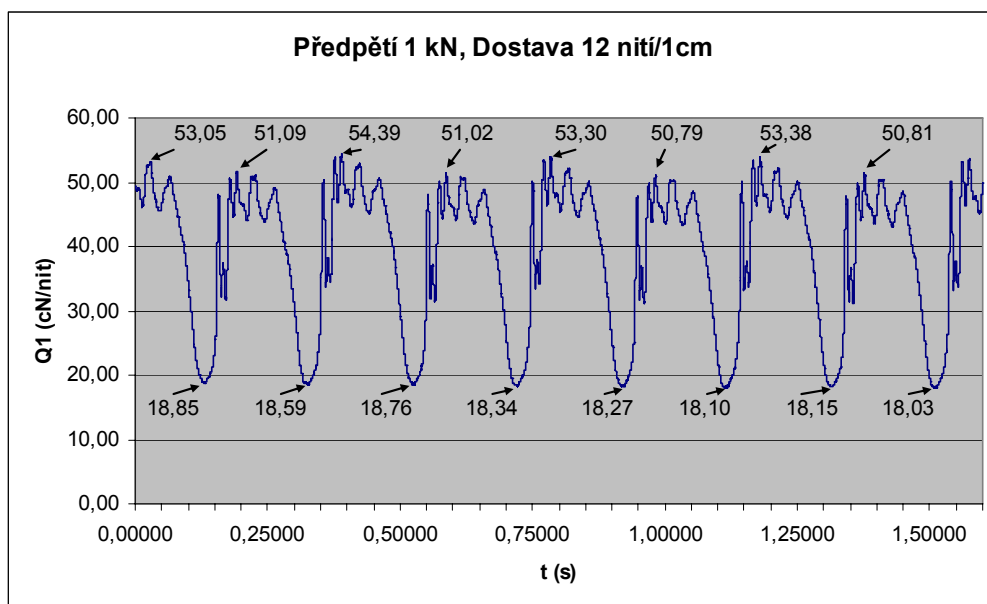
- [1] Nosek, S.: Teorie tkacího procesu – část I, Dům techniky ČSVTS Pardubice, 1988
- [2] Strašáková P.: Analýza deformačních vlastností osnovních nití z hlediska tkacího procesu, TUL 2009
- [3] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktt/default.htm>
- [4] Nosek, S.: Teorie tkacího procesu – část II, Dům techniky ČSVTS Pardubice, 1988
- [5] Grydil, V., Tumajer, P., Brotz, I.: The methods of ascertaining the characteristic of the textile material by means of the vibration system, sborník 4th Autex Conference, ISBN 2-9522440-0-6
- [6] Fukač, F.: Technologie tkalcovství II, SNTL, Praha, 1977
- [7] Košková, B.: Struktura a vlastnosti vláken, VŠST, Liberec, 1989, ISBN 80-083-018-2
- [8] Moravec, V.: Stroje a technologie člunkového tkaní, VŠST, Liberec, 1985
- [9] Nosek, S.: Teorie tkacího procesu – část III, Dům techniky ČSVTS Pardubice, 1989
- [10] Tumajer, P., Brotz, I., Grydil, V.: Influence of threads clamping on deformation behavior of threads on a new testing device simulating warp in weaving process, sborník 5th Autex Conference, st. 847-852, ISBN 86-435-0709-1
- [11] Ekrťová, L.: Souvislost tkacího odporu s konstrukcí tkaniny, TUL 2007
- [12] Dvořák, Holada, Tumajer, P., Žák: Modelování tkacího procesu – experimentální část, zpráva projektu Modsimtex, září 2010
- [13] Tumajer, P., Brotz, I., Cvrkal, A.: Experimentální měření na tkacím stroji, In Sborník 25. konference Quo Vadis Textrinum, st. 107 až 119, duben 2004, Slovensko
- [14] Tumajer, P., Brotz, I.: Influence of weft sett on weaving resistance, In 4th Central European Conference [CD-ROM], září 2005, Liberec, Česká Republika
- [15] Tumajer, P.: Influence of a stress frequency on a deformation properties of a thread, 2010

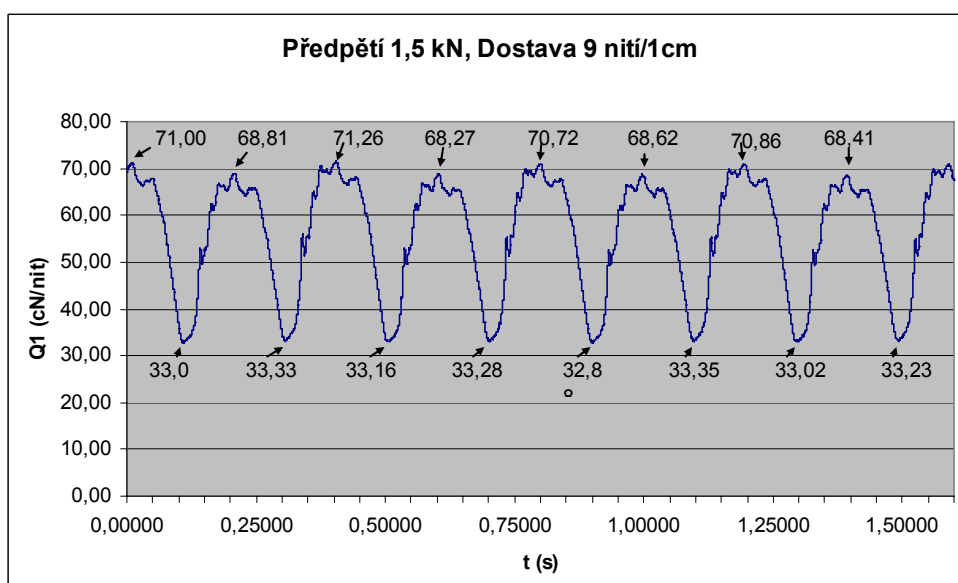
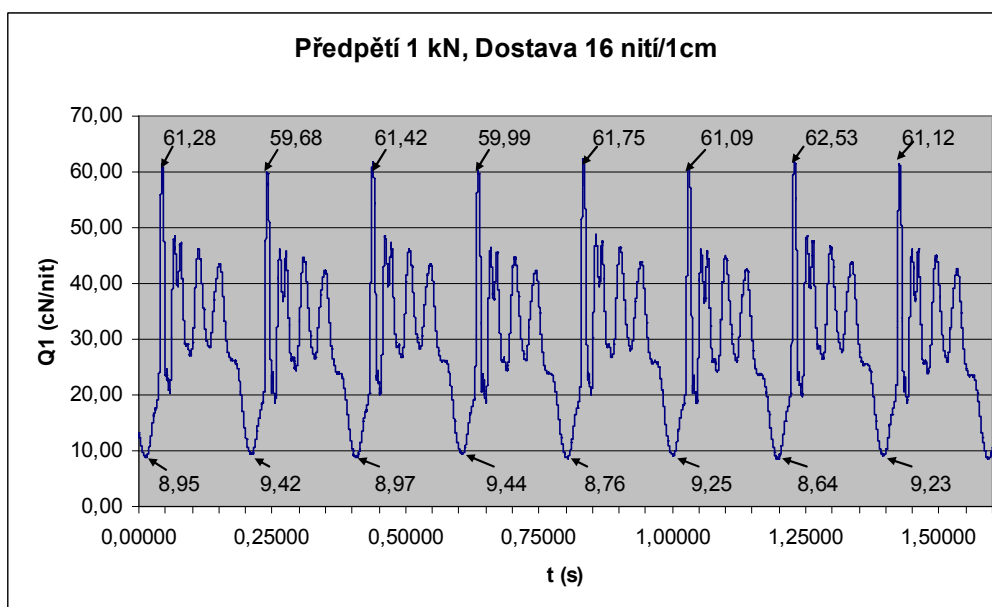
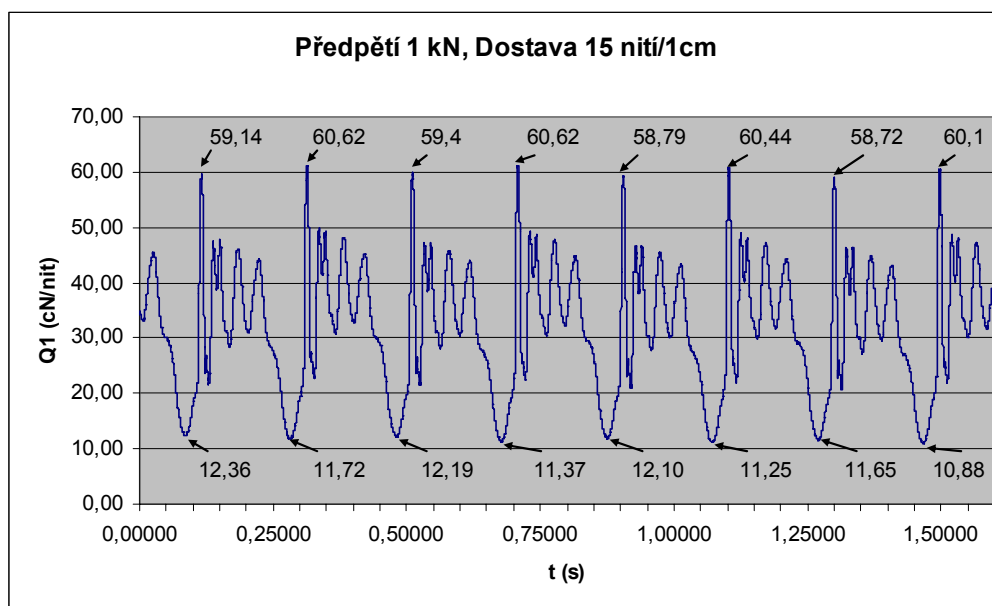
SEZNAM PŘÍLOH

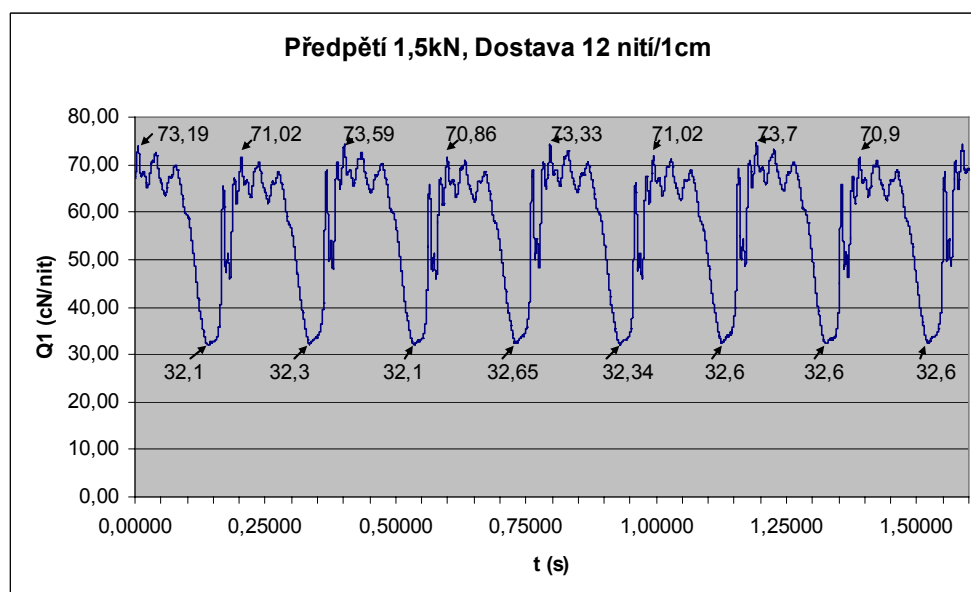
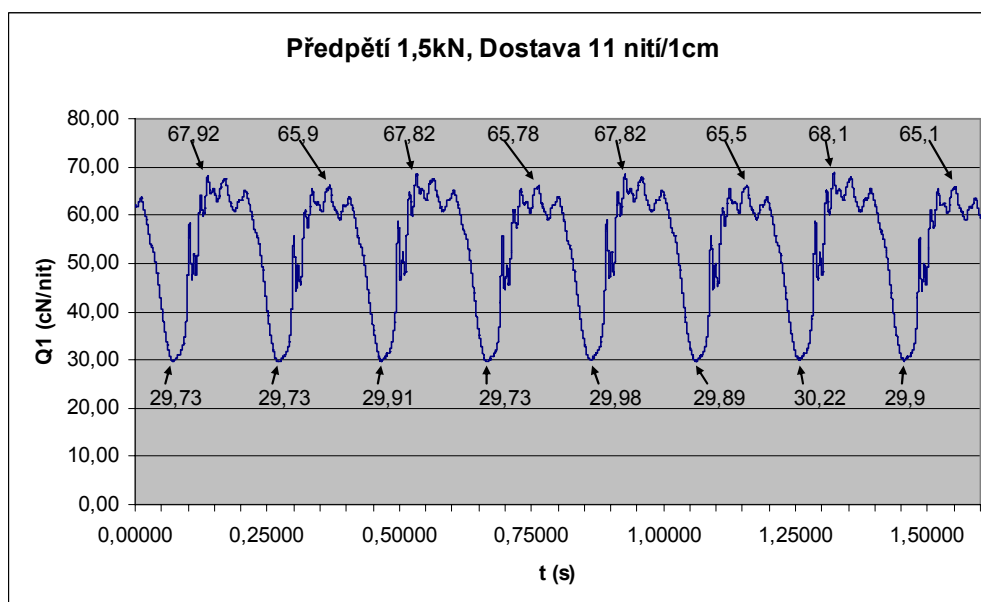
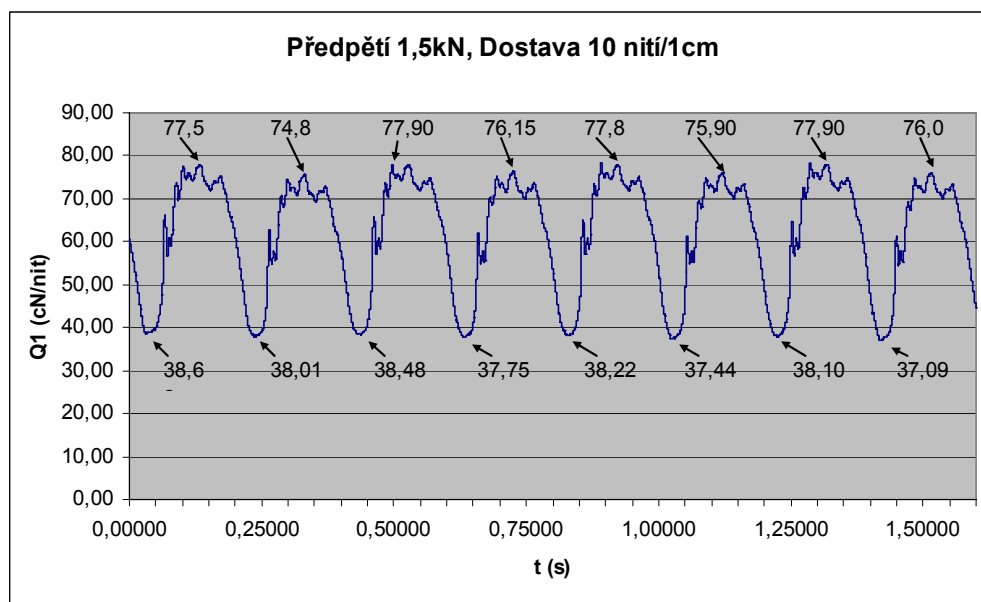
- 1 Grafické znázornění tahové síly v osnově na tkacím stroji pro 1 kN, 1,5 kN a 2 kN.
- 2 Grafické zpracování tahové křivky do přetrhu a tahové křivky do 5 mm
- 3 Grafické zpracování závislosti tahové síly na protažení

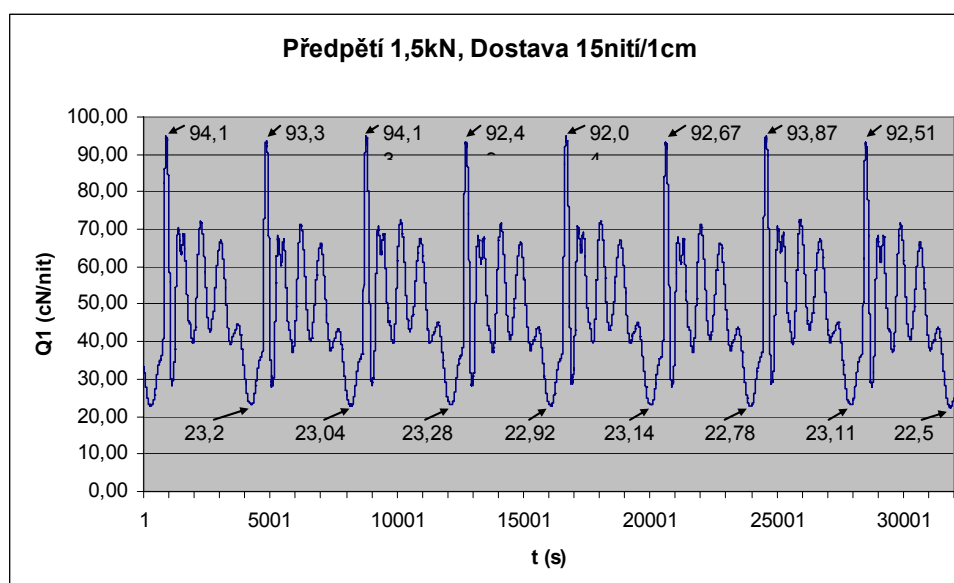
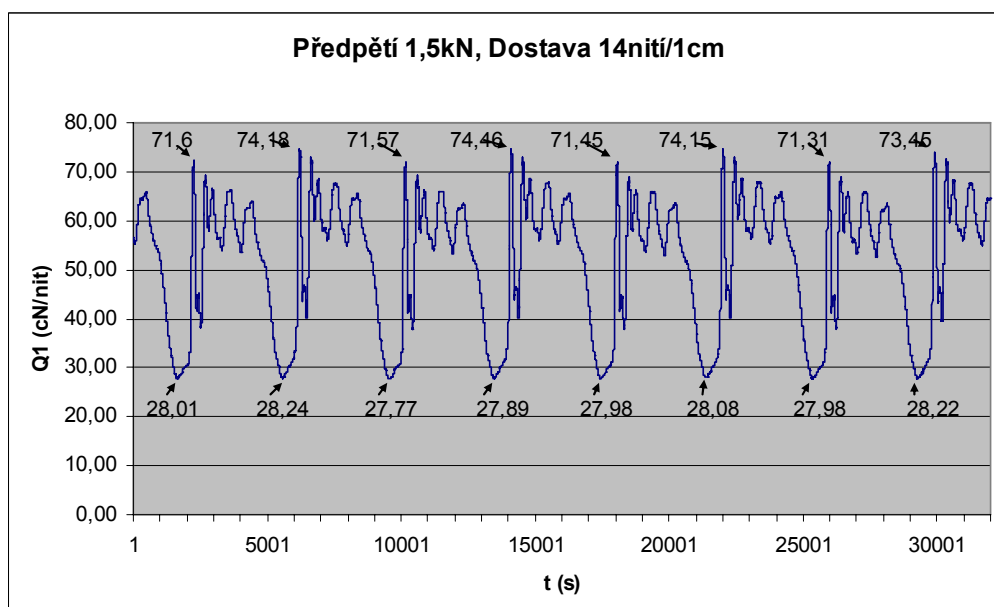
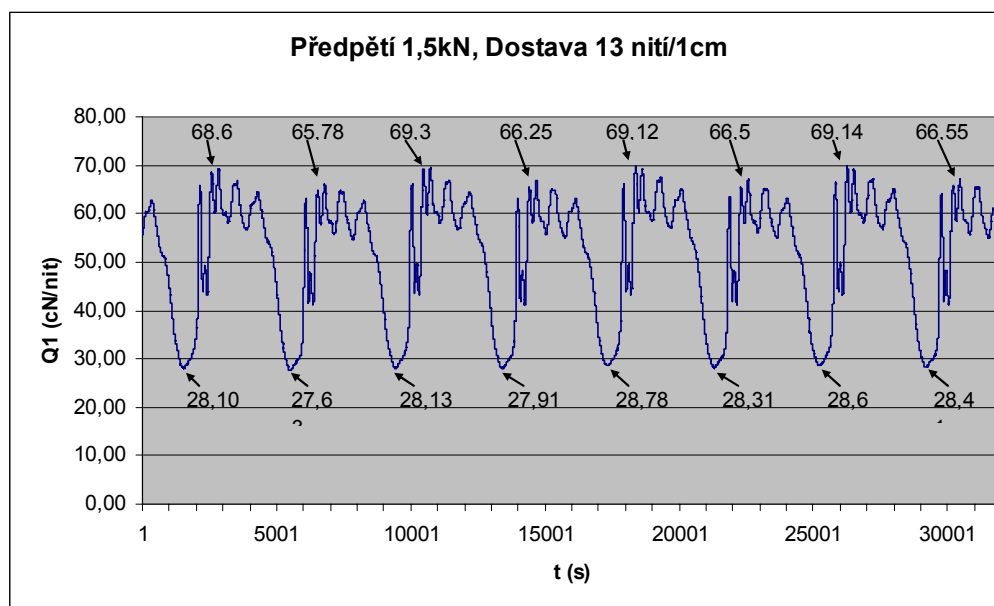
Příloha 1:

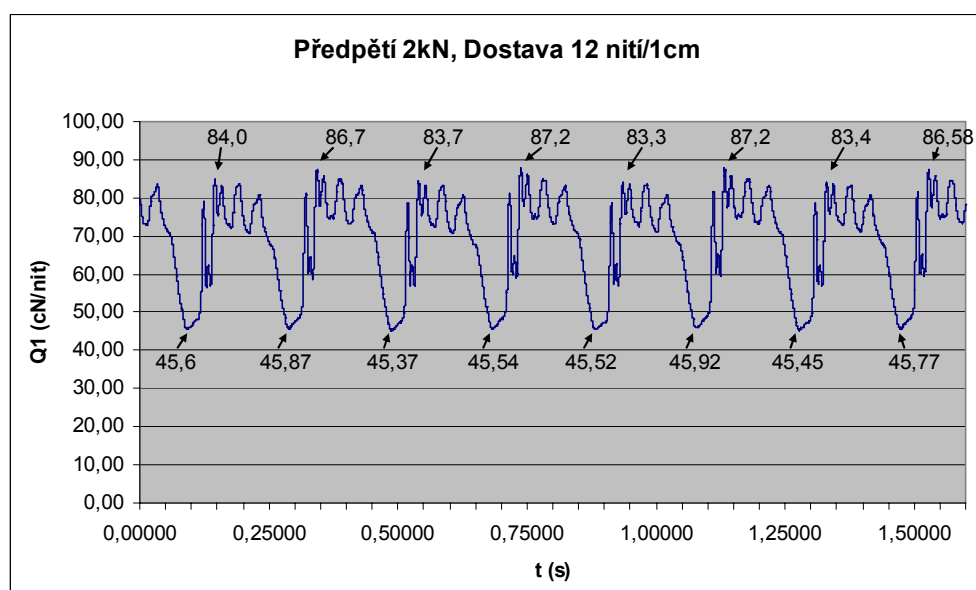
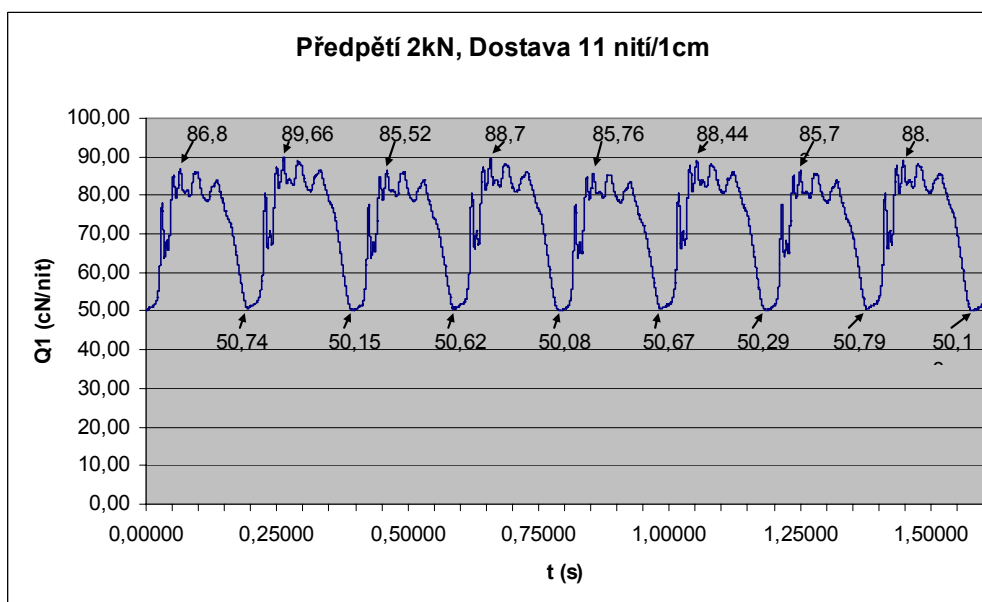
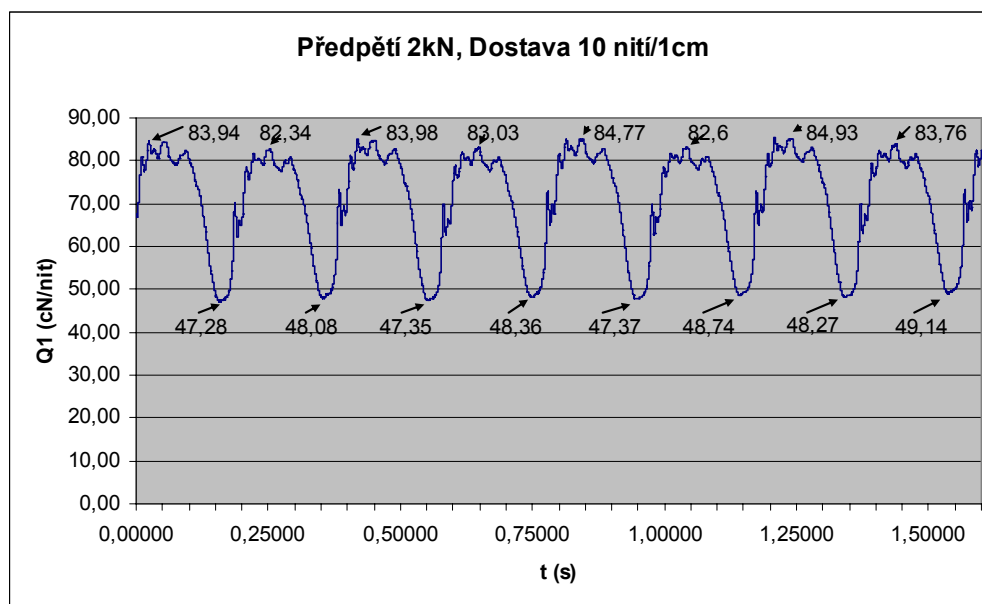


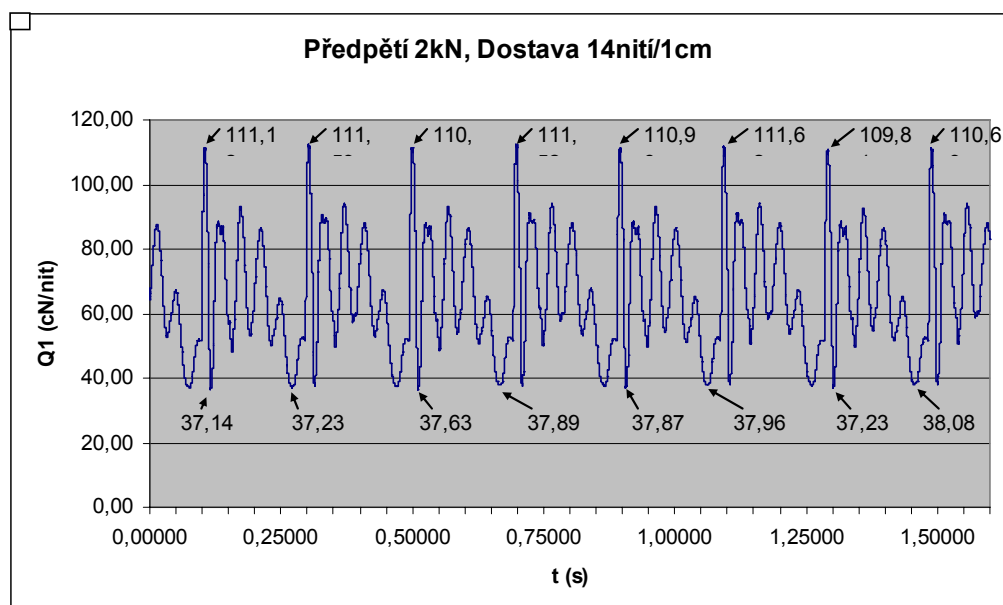
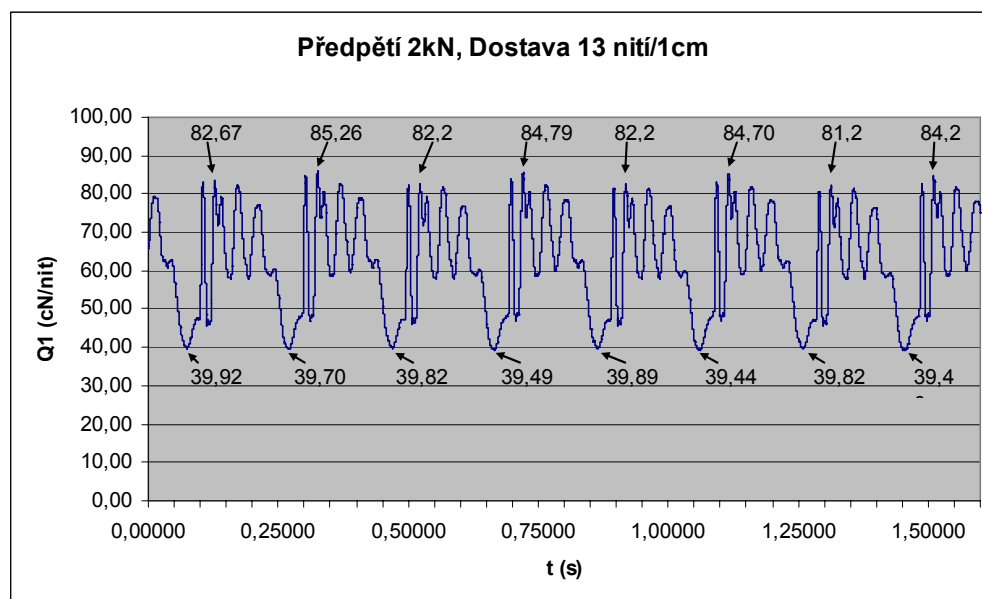




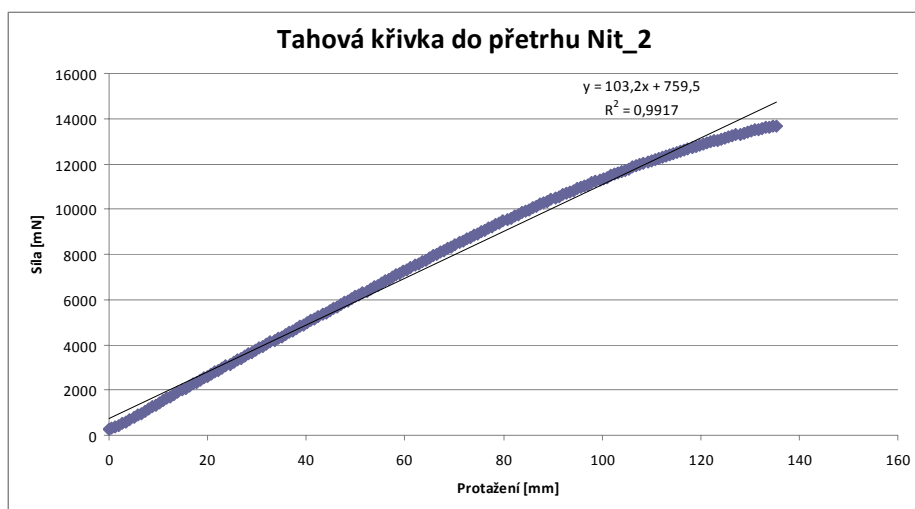
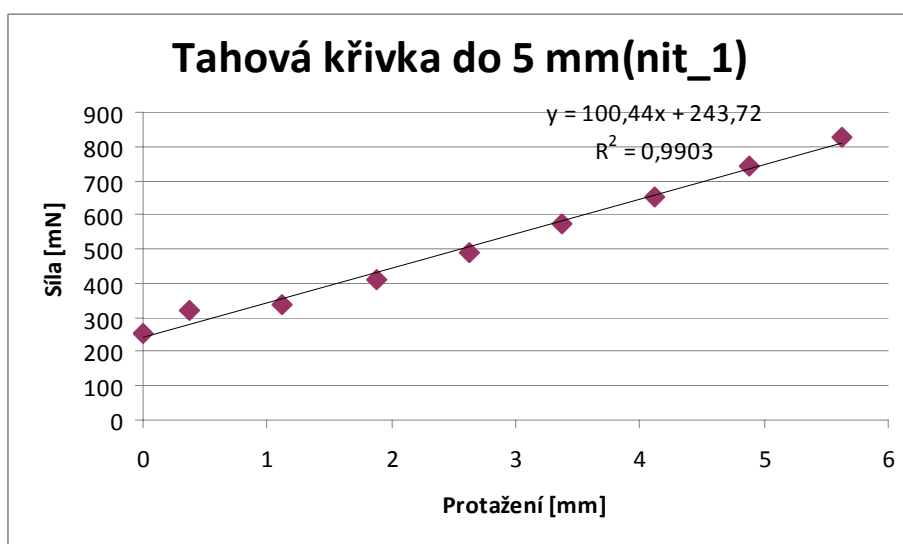
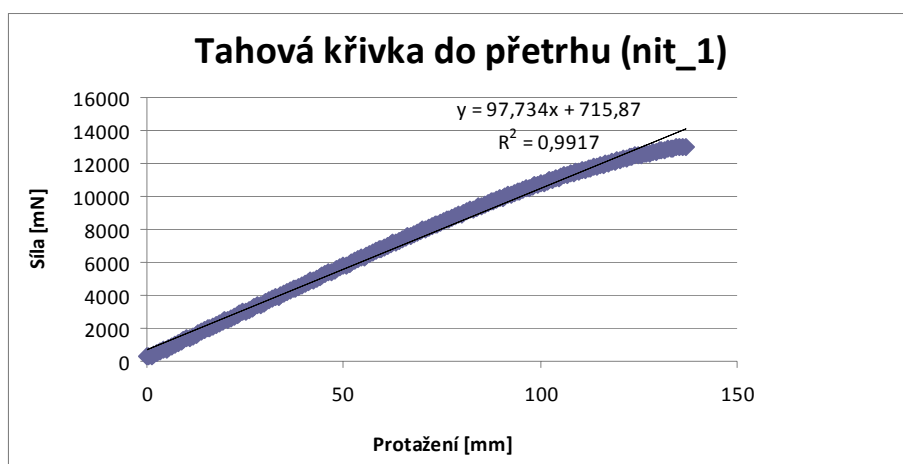


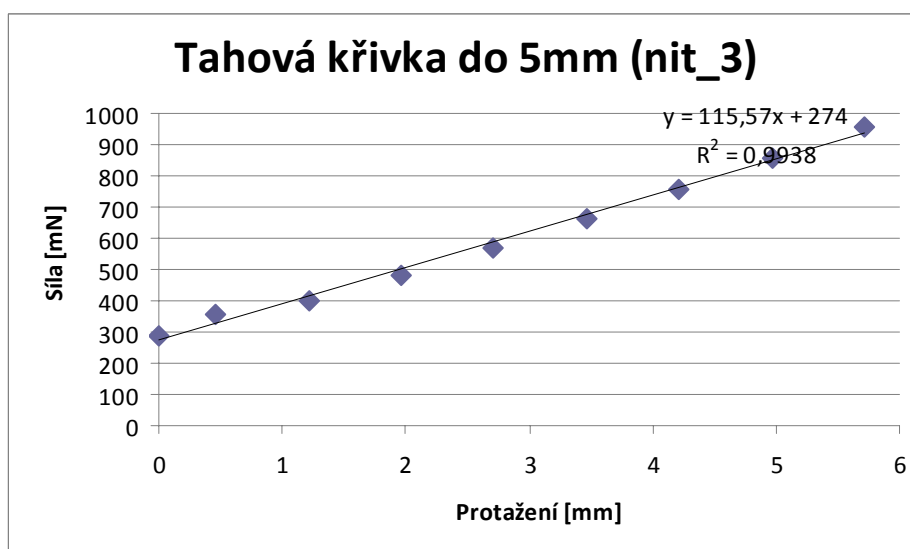
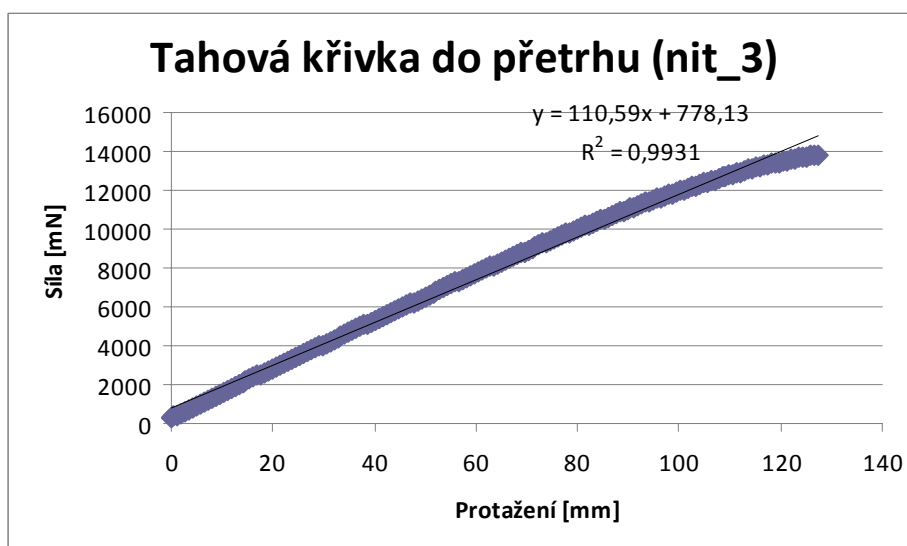
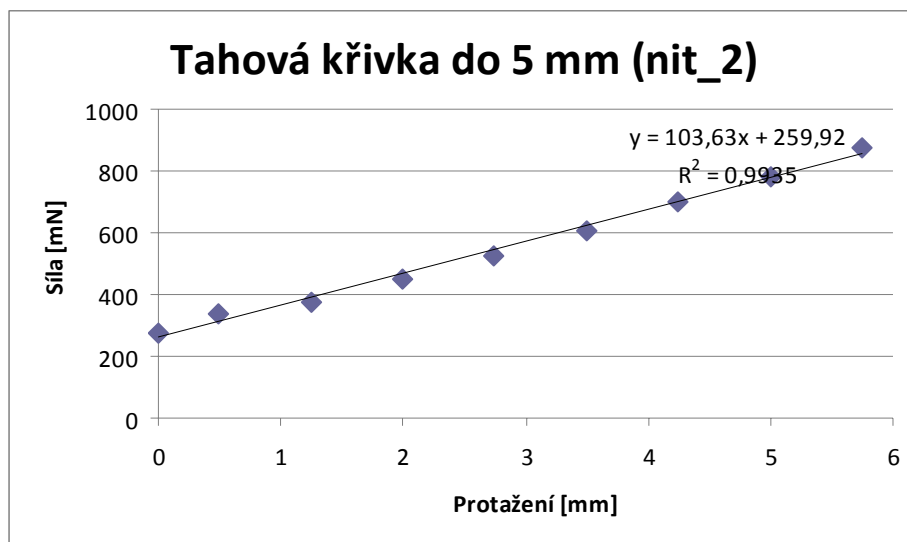




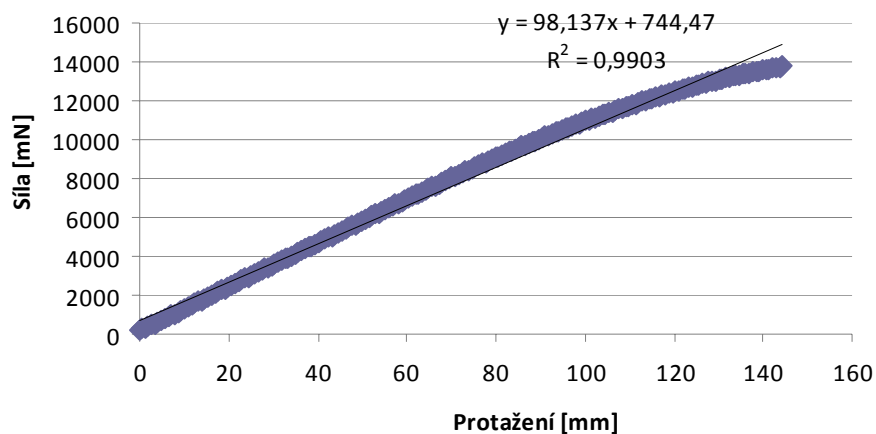


Příloha 2:

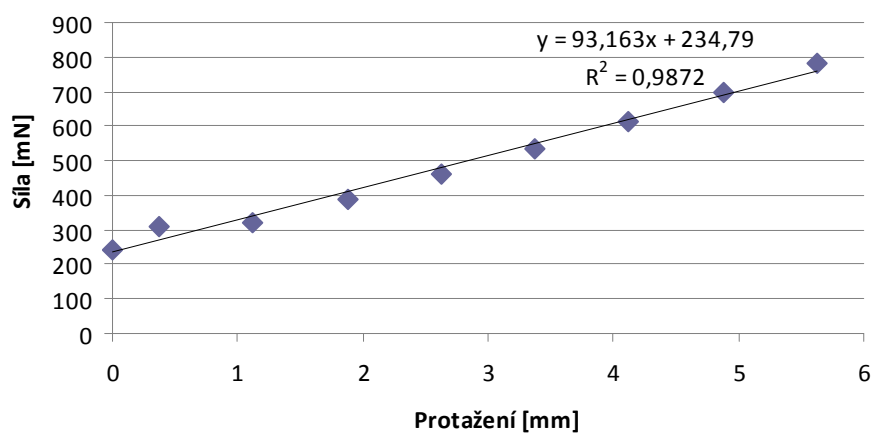




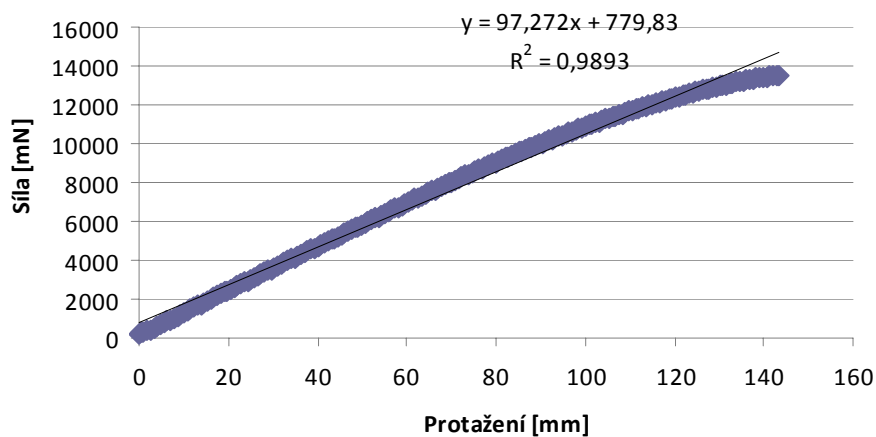
Tahová křivka do přetrhu (nit_4)

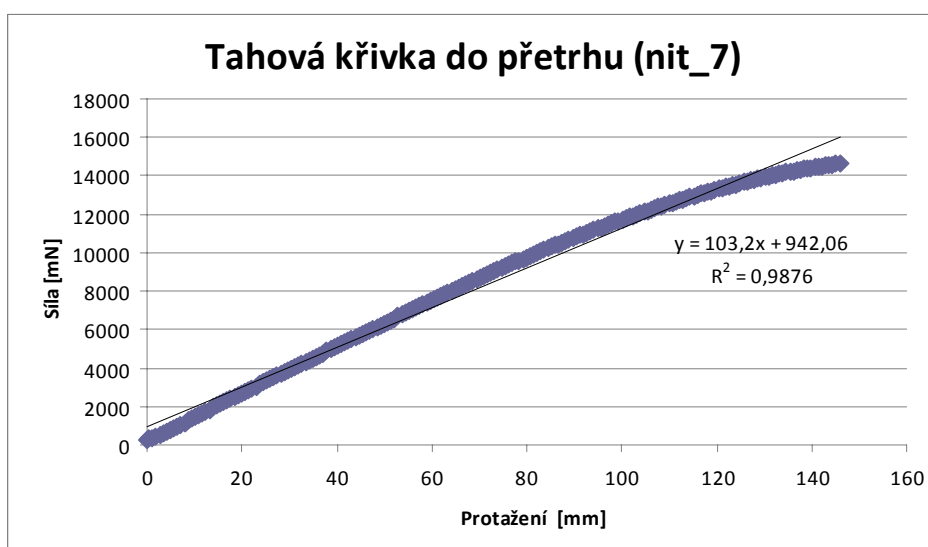
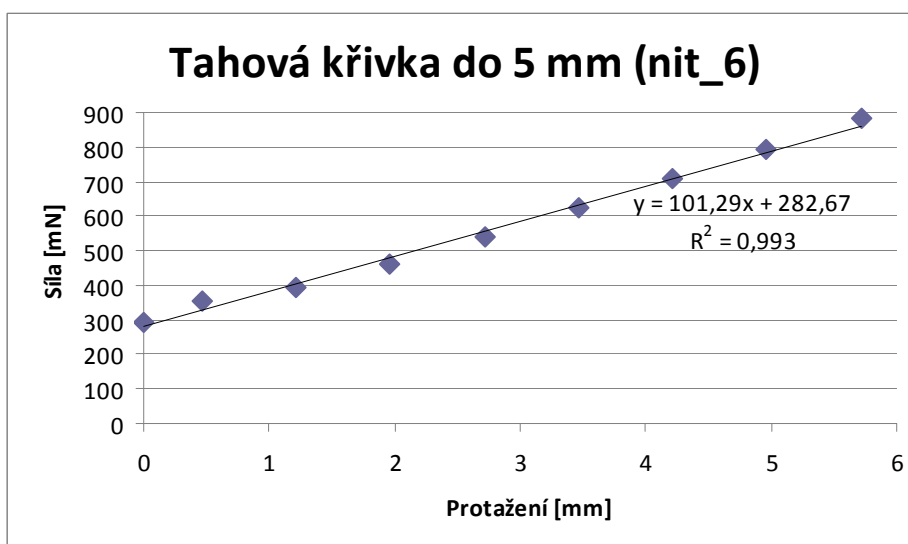
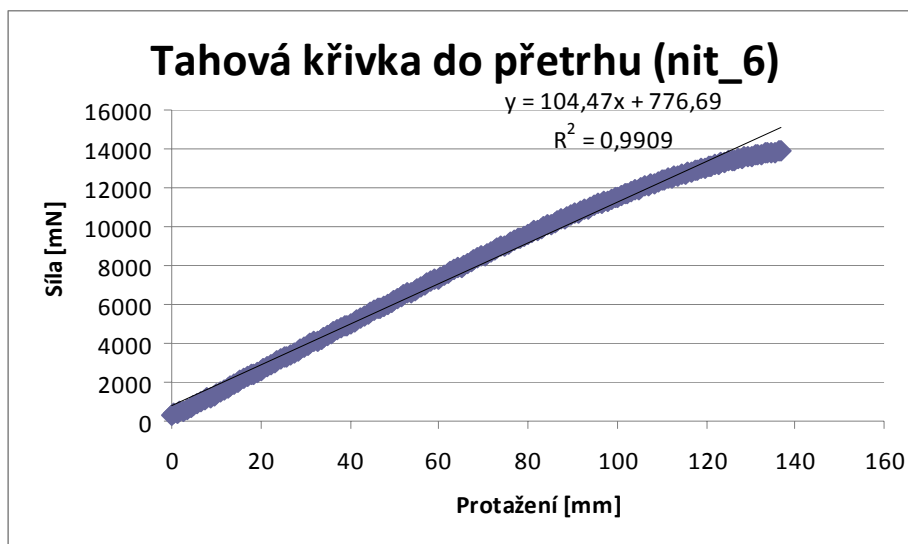


Tahová křivka do 5mm (nit_4)

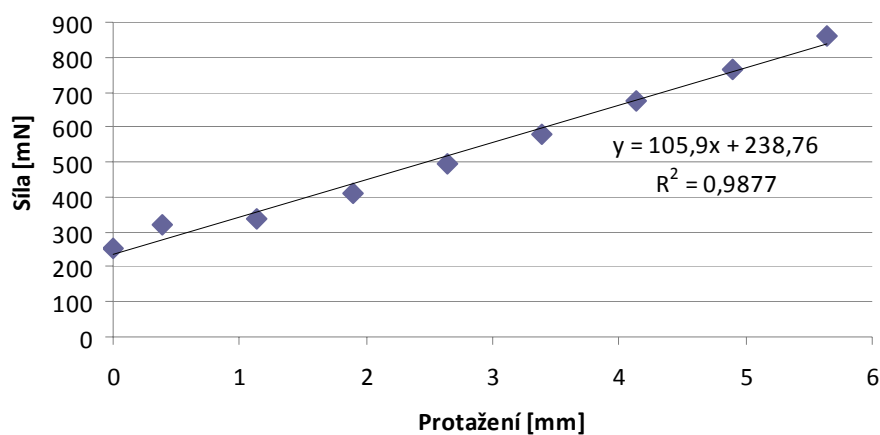


Tahová křivka do přetrhu (nit_5)

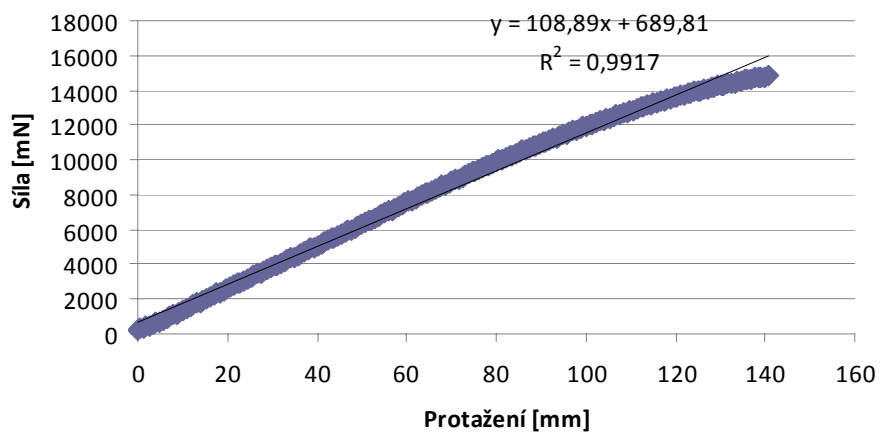




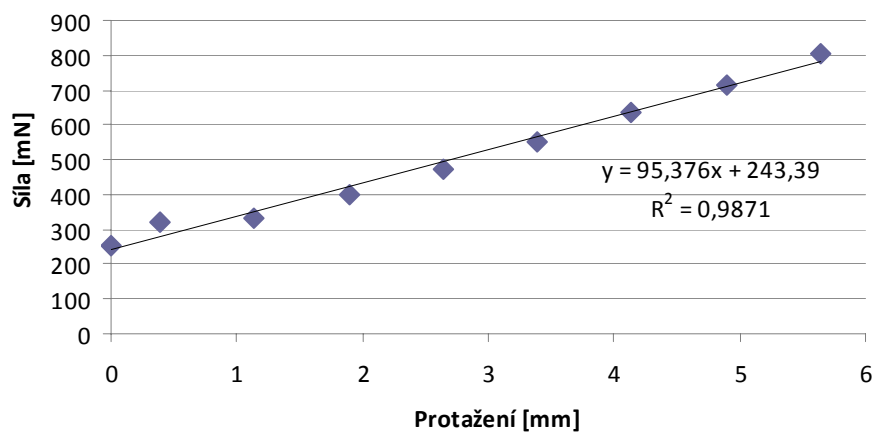
Tahová křivka do 5mm (nit_7)



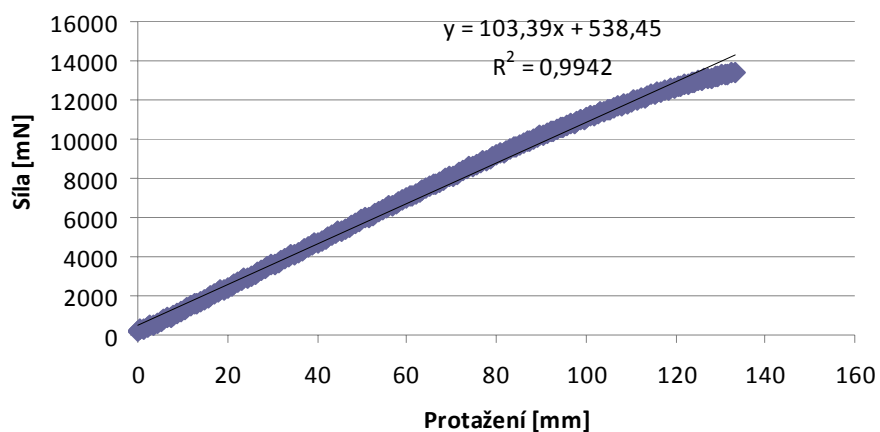
Tahová křivka do přetrhu (nit_8)



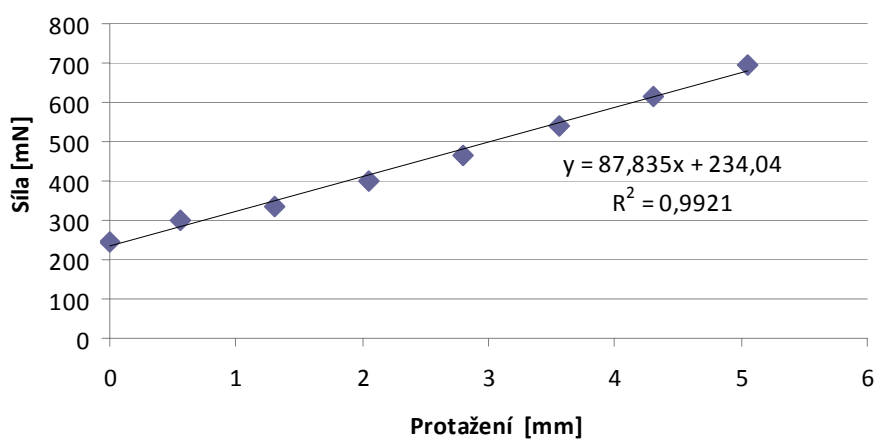
Tahová křivka do 5mm (nit_8)



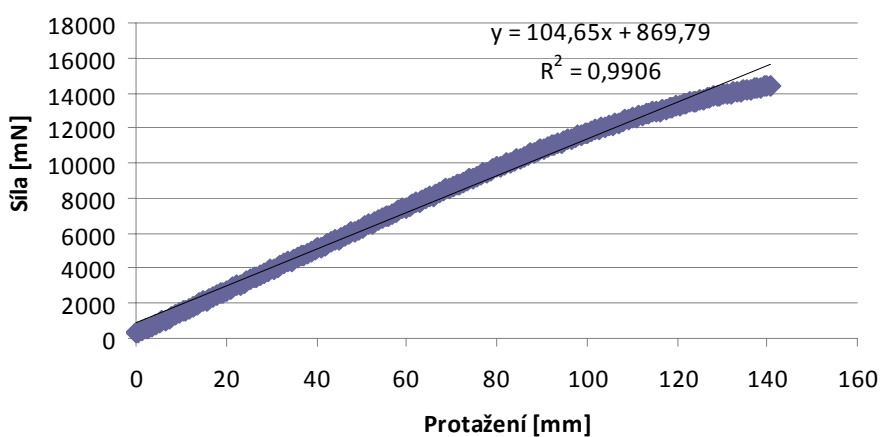
Tahová křivka do přetrhu (nit_9)



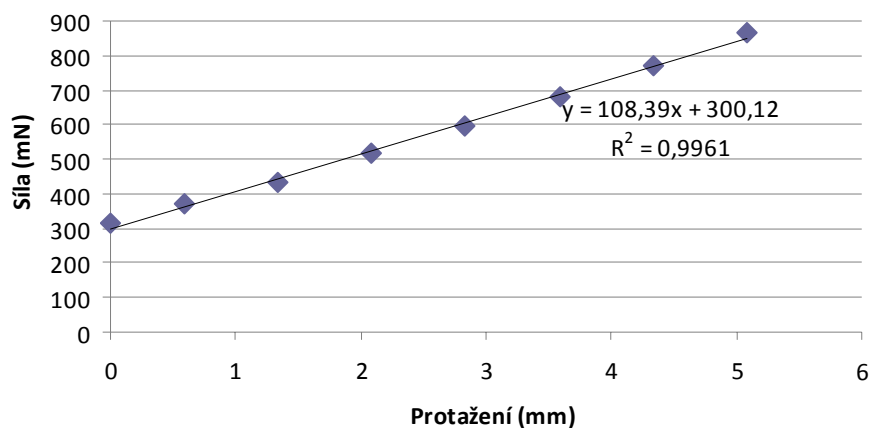
Tahová křivka do 5 mm (nit_9)



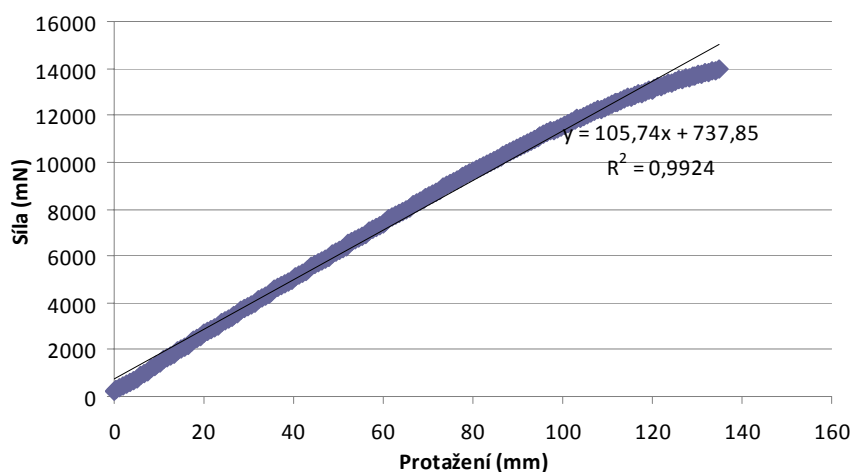
Tahová křivka do přetrhu (nit_10)



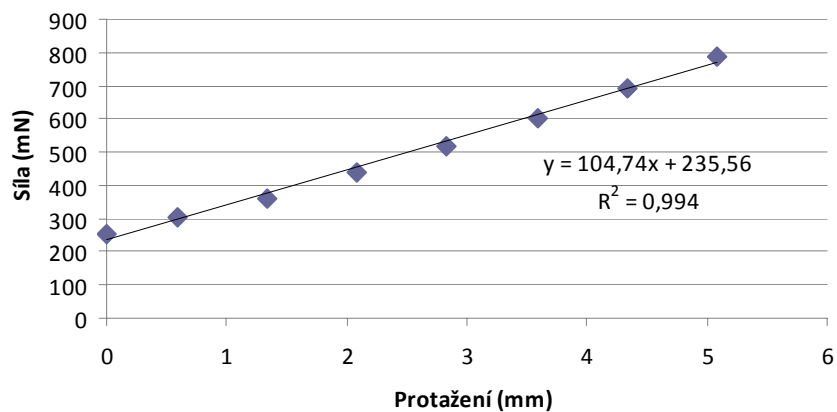
Tahová křivka do 5mm (nit_10)



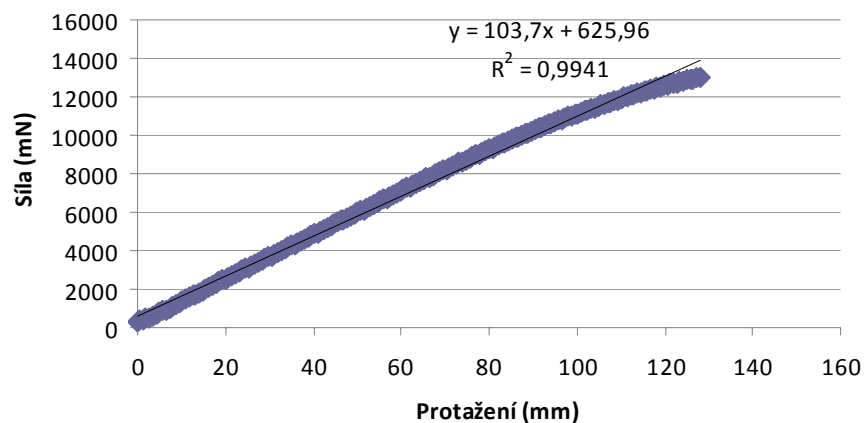
Tahová křivka do přetrhu (nit_11)



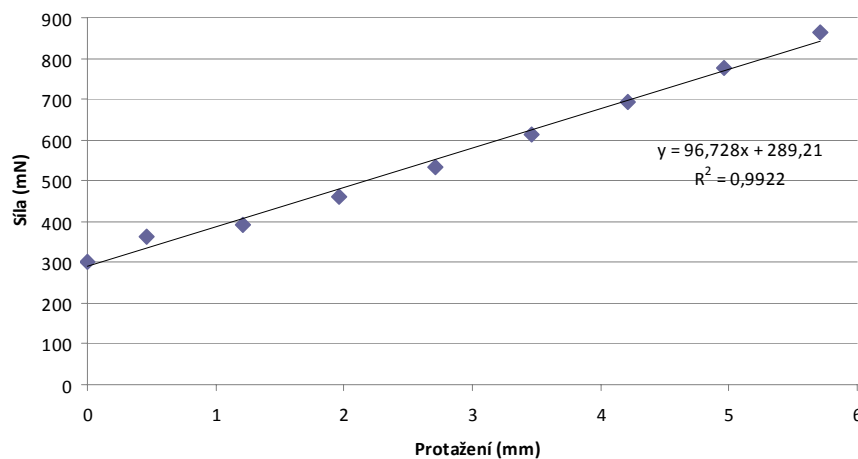
Tahová křivka do 5 mm (nit_11)



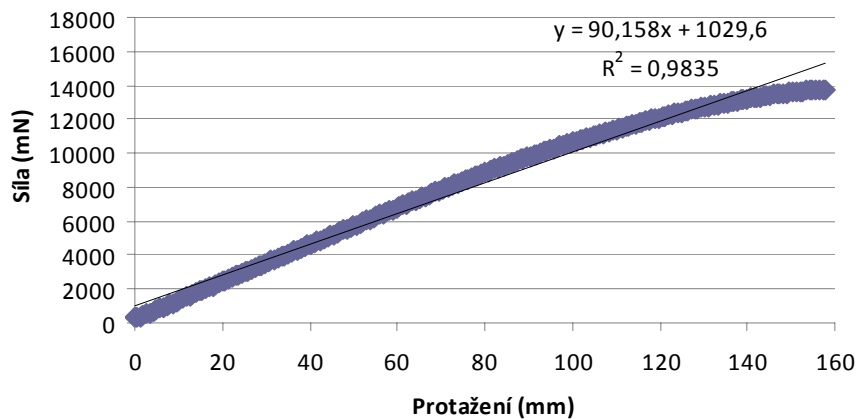
Tahová křivka do přetrhu (nit_12)

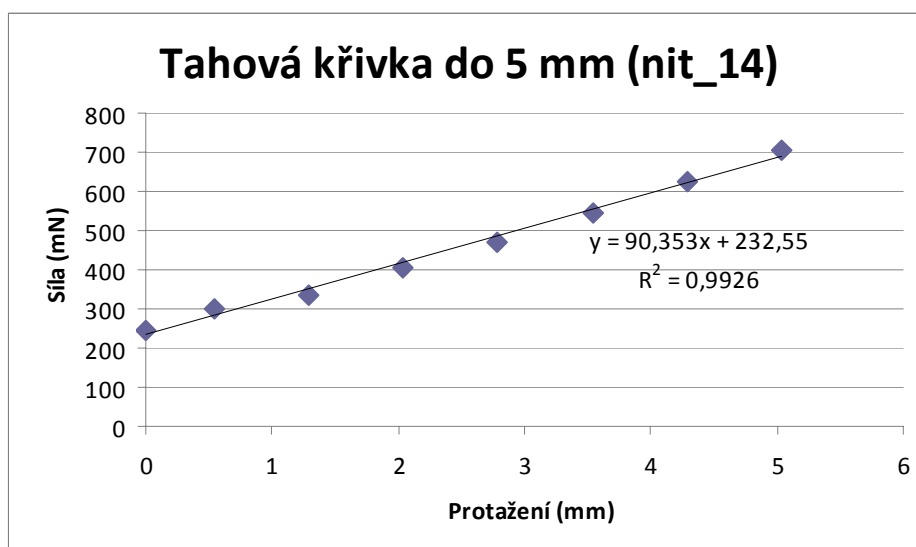
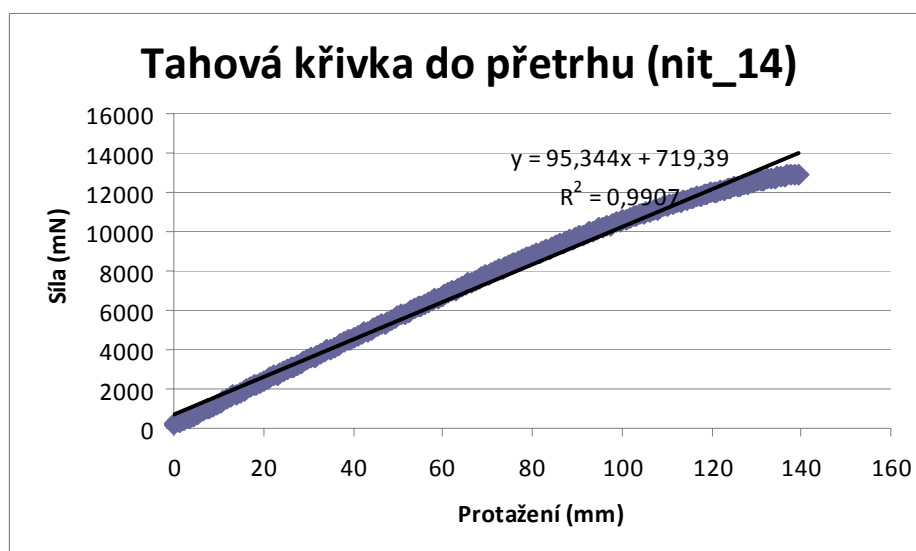
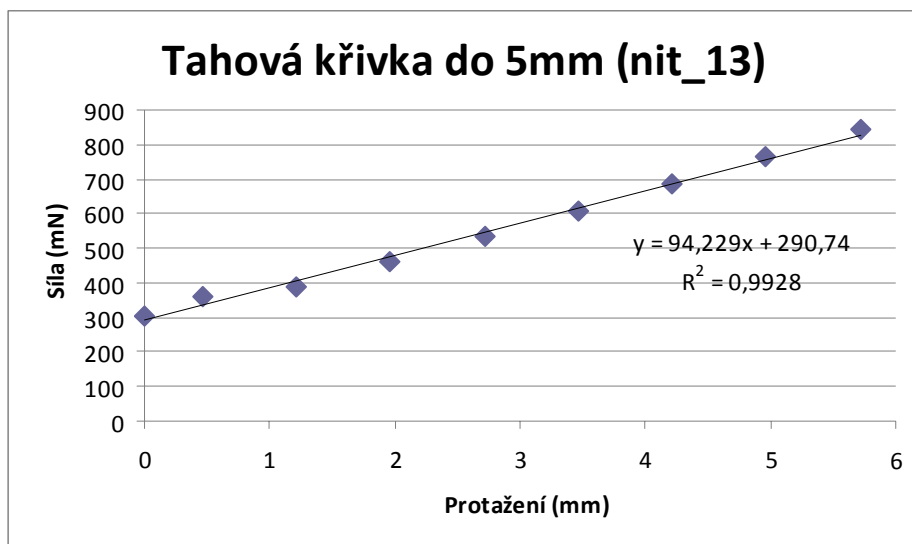


Tahová křivka do 5 mm (nit_12)

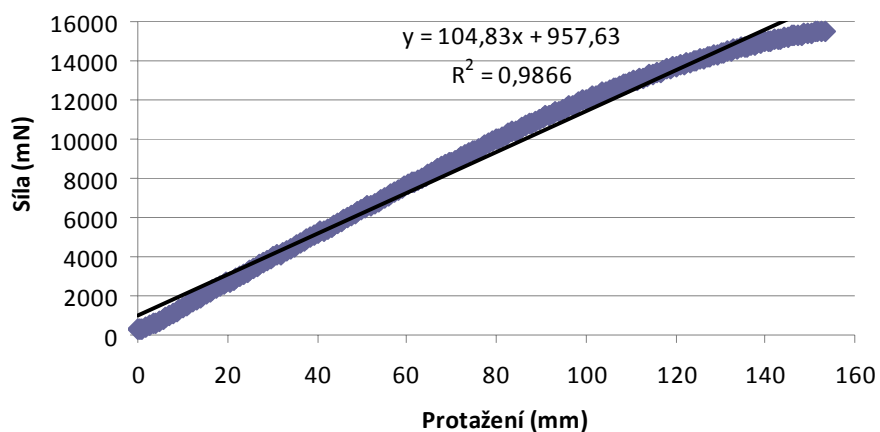


Tahová křivka do přetrhu (nit_13)

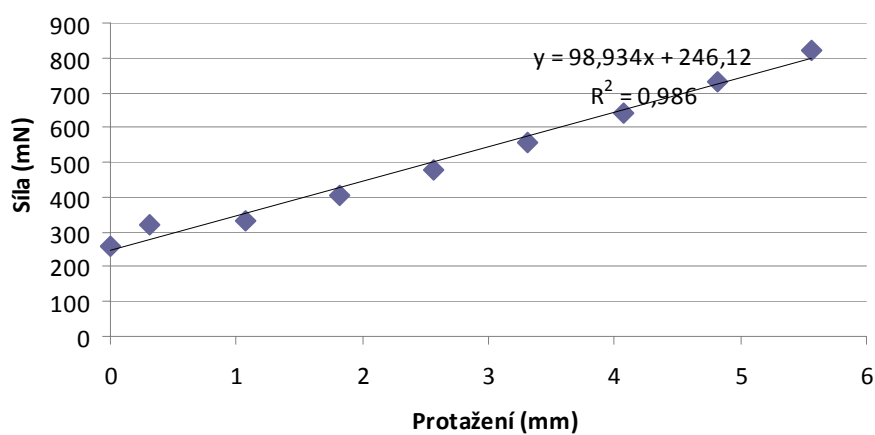




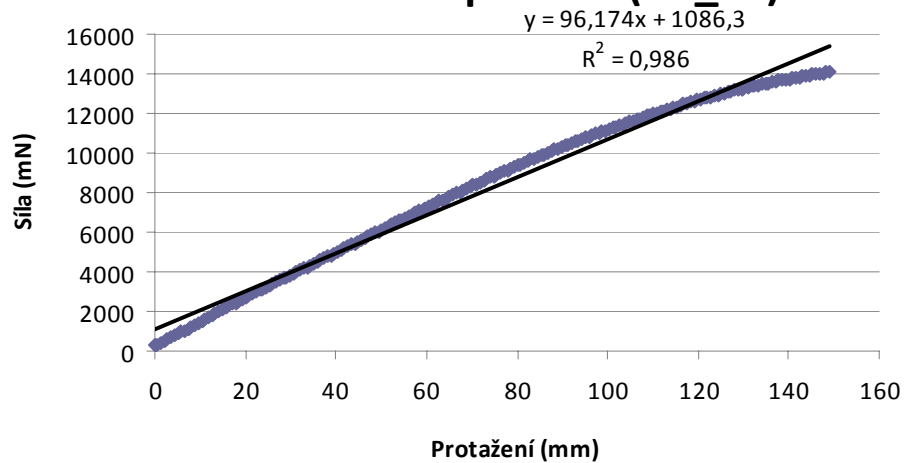
Tahová křivka do přetrhu (nit_15)

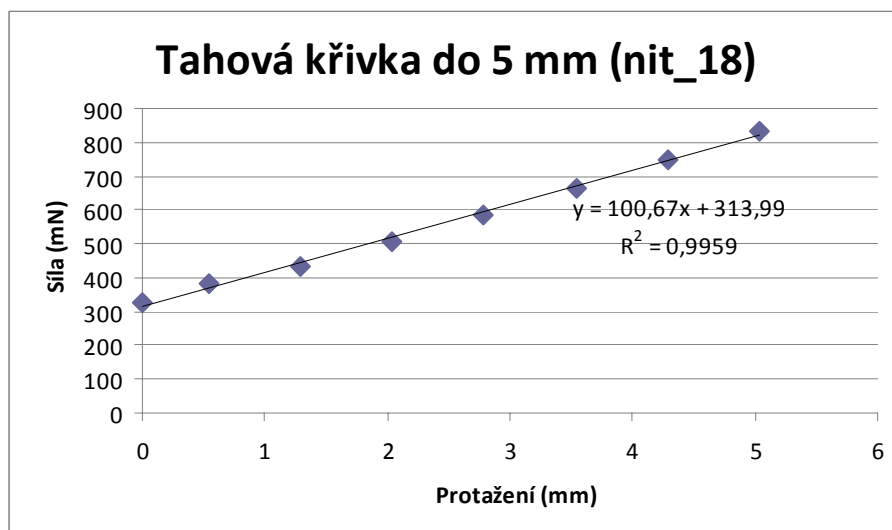
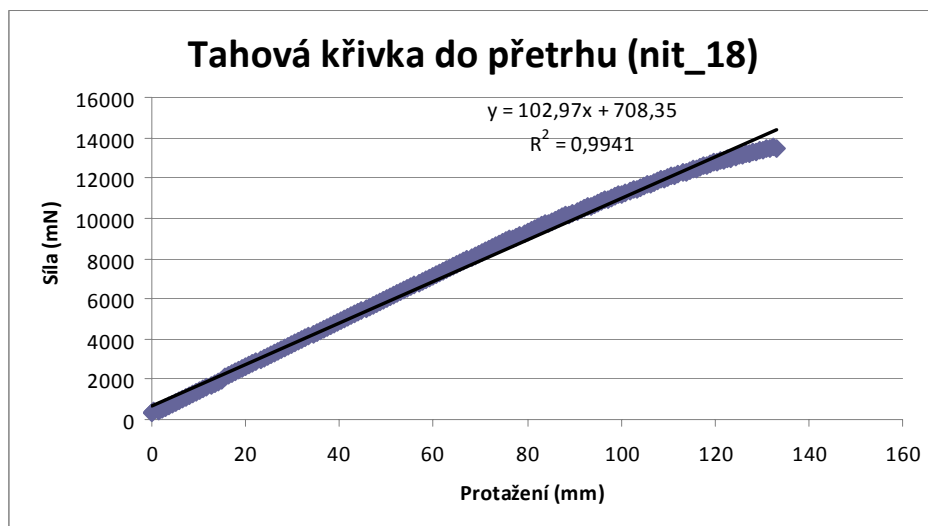
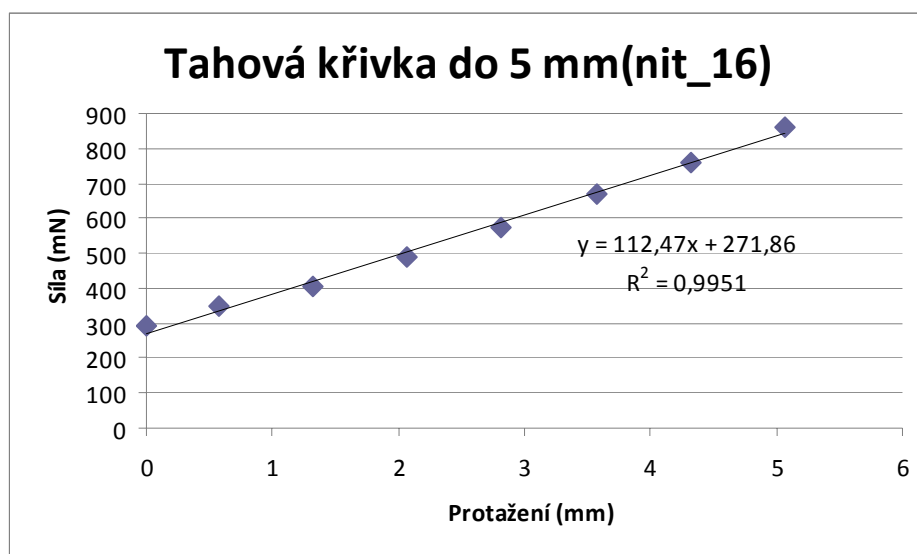


Tahová křivka do 5mm (nit_15)

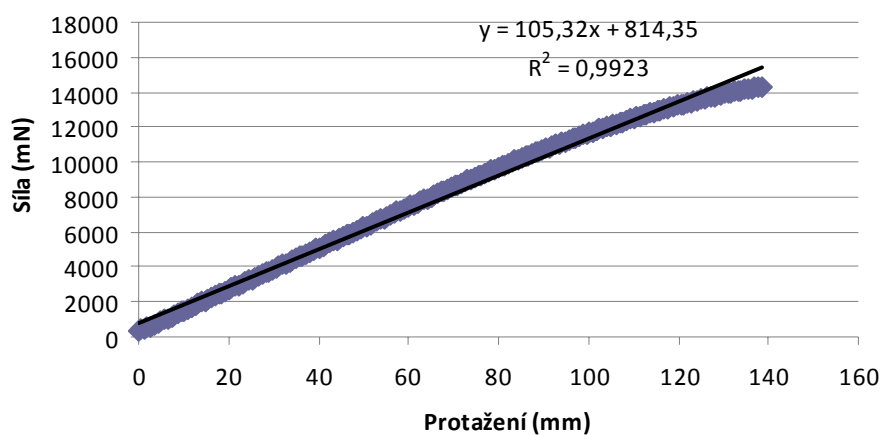


Tahová křivka do přetrhu (nit_16)

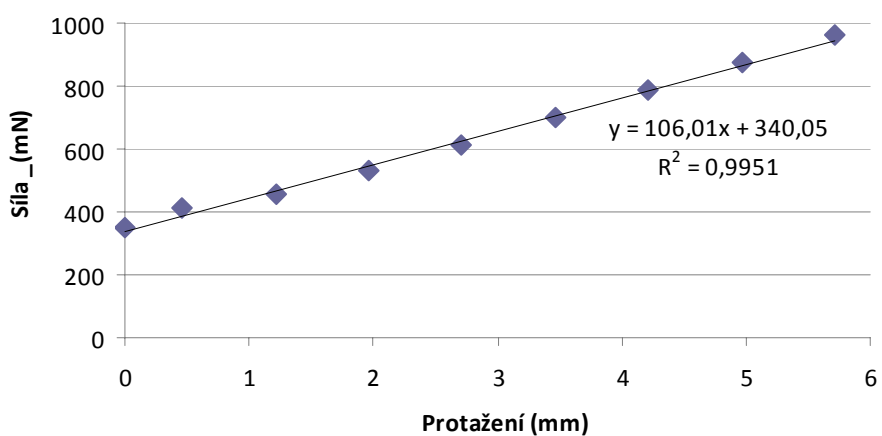




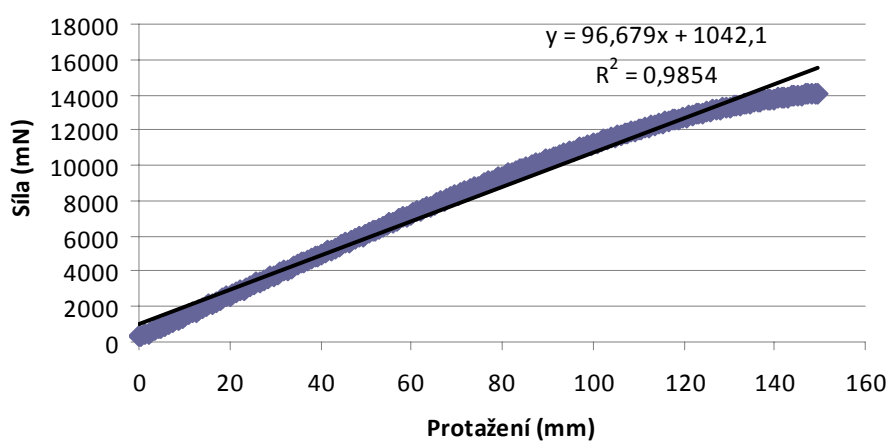
Tahová křivka do přetrhu (nit_19)

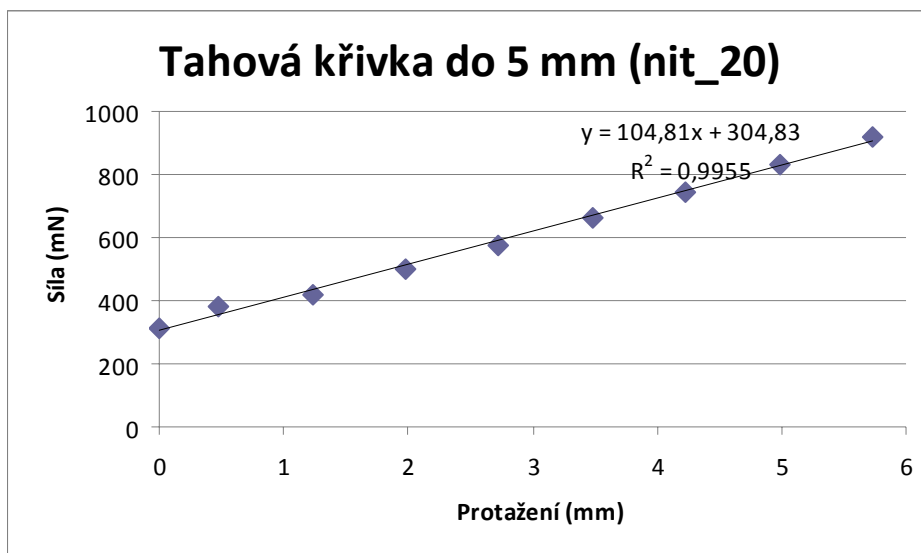


Tahová křivka do 5 mm (nit_19)

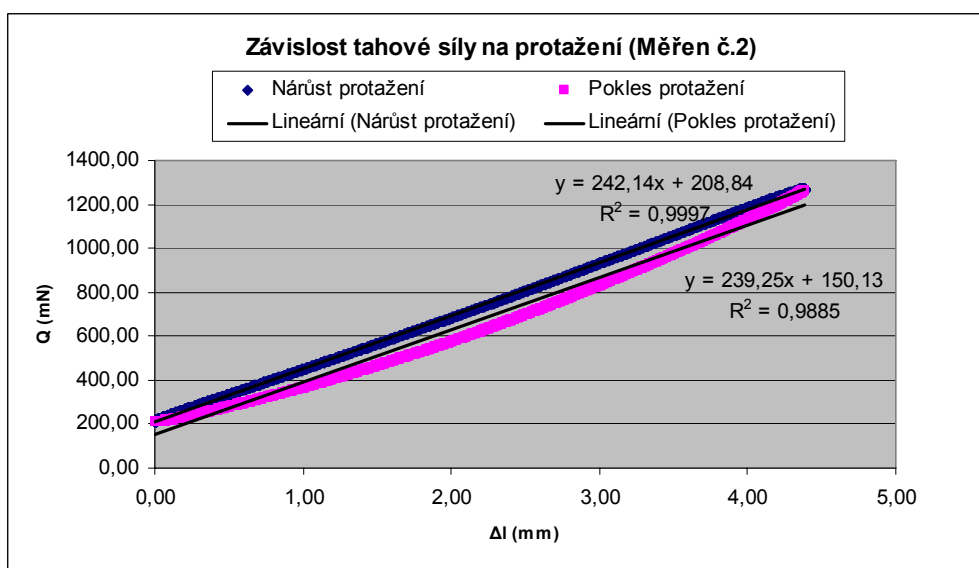
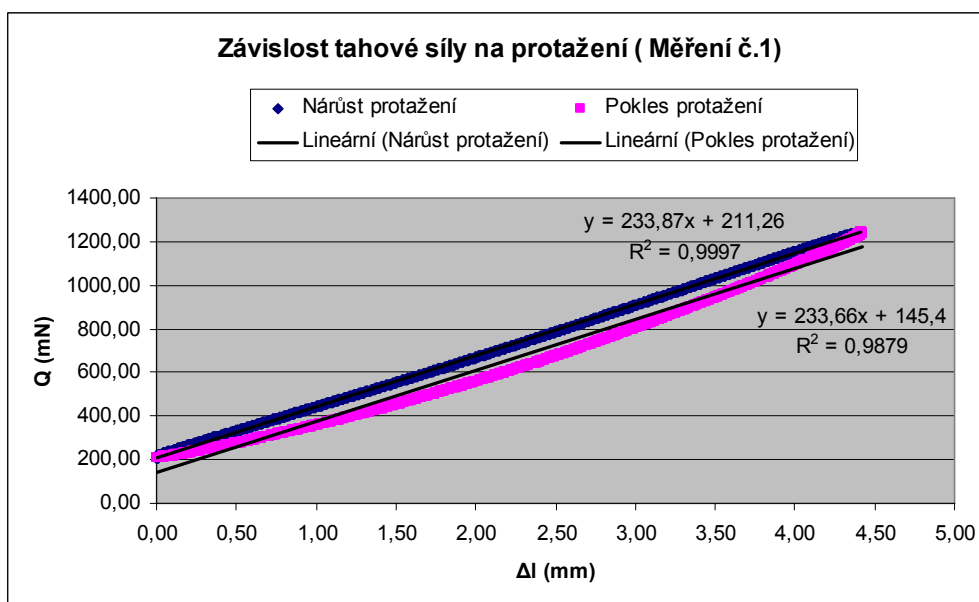


Tahová křivka do přetrhu (nit_20)

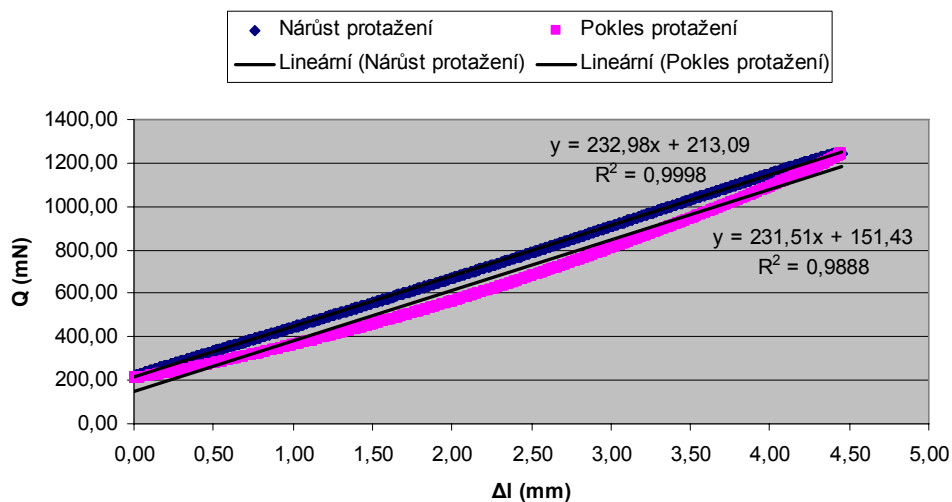




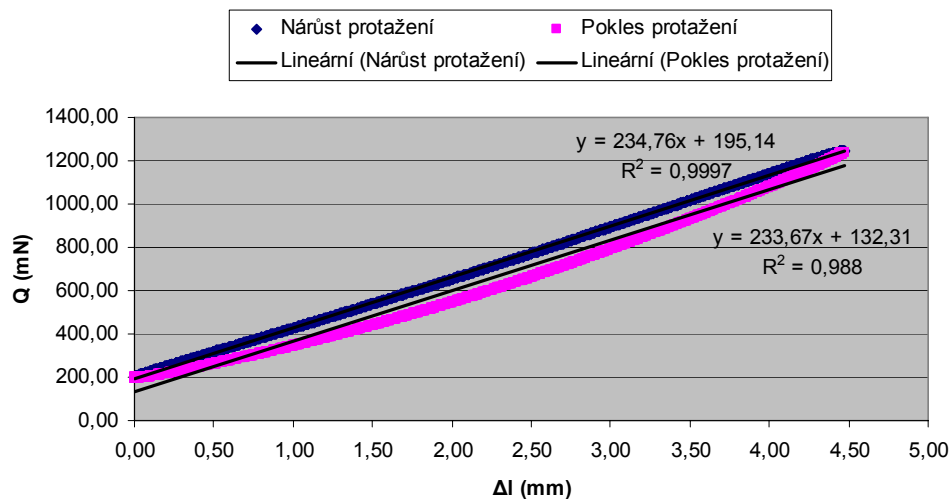
Příloha 3:



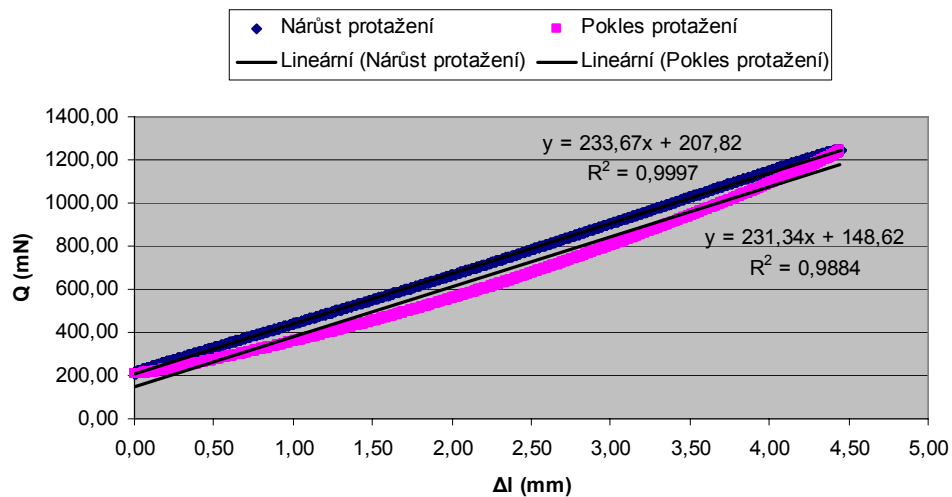
Závislost tahové síly na protažení (Měření č. 3)



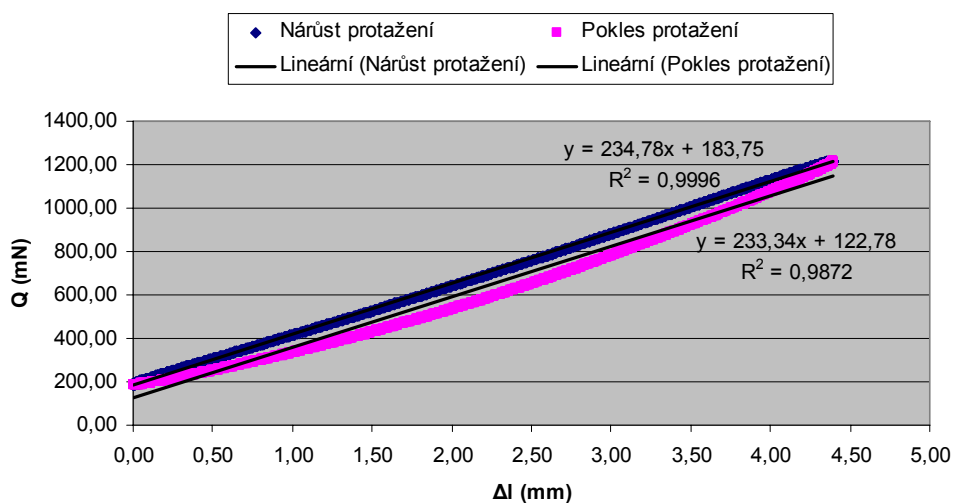
Závislost tahové síly na protažení (Měření č. 4)



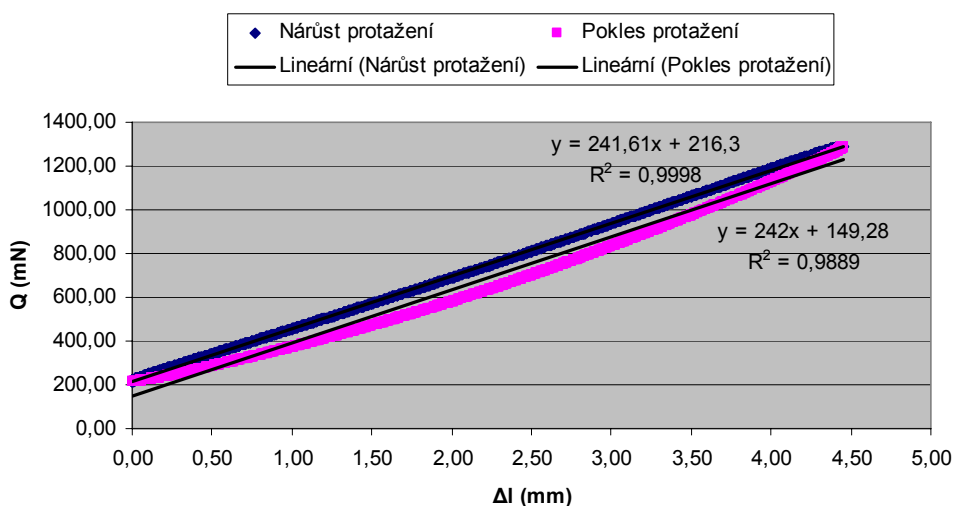
Závislost síly na protažení (Měření č. 5)



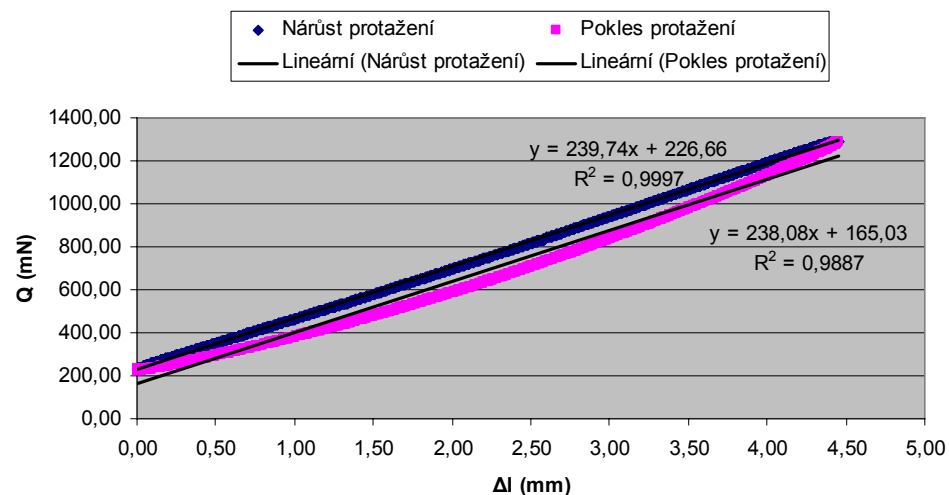
Závislost tahové síly na protažení (Měření č. 6)



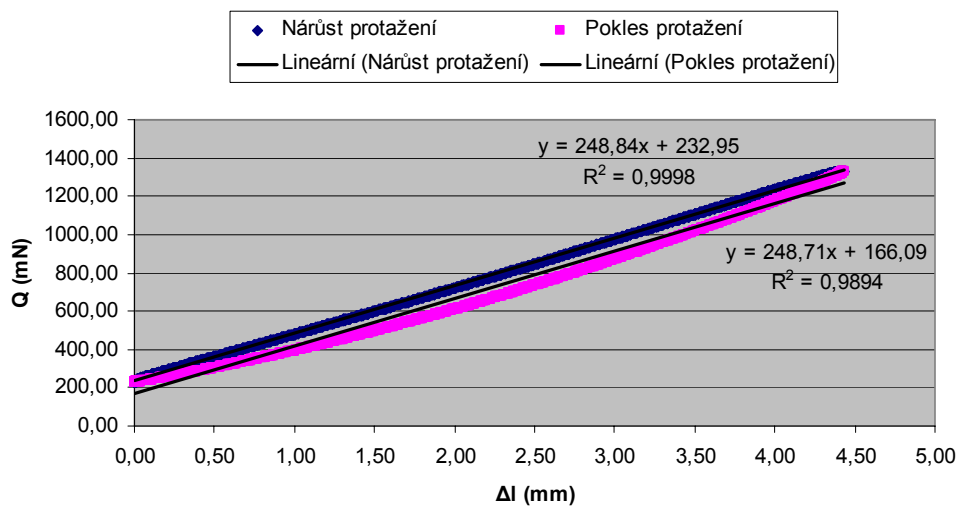
Závislost tahové síly na protažení (Měření č. 7)



Závislost tahové síly na protažení (Měření č. 8)



Závislost tahové síly na protažení (Měření č. 9)



Závislost tahové síly na protažení (Měření č.10)

